Ergebnisse nach Beugesehnenverletzungen im Bereich der Hohlhand, des Karpalkanals und des Unterarms

Rolf Köhler

1972

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität München
Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. R. Zenker

ERGEBNISSE NACH BEUGESEHNENVERLETZUNGEN IM BEREICH DER HOHLHAND, DES KARPALKANALS UND DES UNTERARMS.

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Rolf Köhler

aus

München

1972

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. F. L. Rueff
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. R. Zenker
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung:	21. 12. 1972

UNIV. LEIDEN BIBL.

DISSERTATIONS– UND FOTODRUCK FRANK oHG
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0

Inhaltsverzeichnis

Einleitung: Begründung der Nachuntersuchung und Festlegung der Untersuchungsziele 3

A. Allgemeiner Teil

I. Pathogenese der Sehnenverwachsungen 5

II. Maßnahmen zur Verhütung postoperativer Sehnenverwachsungen 6

1) Allgemein chirurgische Maßnahmen 6

2) Autologe und homologe Sehnentransplantate 8

3) Tenolysen 9

4) Mobilisierung 10

5) Tubulisation 11

III. Beschreibung verschiedener Sehnenrekonstruktionen 11

IV. Indikation zur Primärnaht, Sekundärnaht und freien Beugesehnenplastik 14

V. Topographische Regionen 16

VI. Operatives Vorgehen, anschließende Ruhigstellung und Nachbehandlung 19

B. Spezieller Teil

I. Untersuchungsmaterial und -methoden 21

1) Zusammensetzung des Patientengutes 21

2) Art der Nachuntersuchungen 22

3) Klassifizierung der Ergebnisse 24

a) Dreigliedrige Finger 24

b) Daumen 27

4) Lokalisation der Sehnenrekonstruktionen 28

II. Eigene Ergebnisse 31

1) Handbeuger 31

2) Daumen 31

3) Dreigliedrige Finger 32

a) Ergebnisse in den einzelnen Regionen der Hand 32

α) der gesamten Fälle 32

β) der klinikeigenen Fälle 33

b) Gegenüberstellung mit anderen Handchirurgen 35

α) Vergleich der Wertungsskalen 36

β) Vergleich der Ergebnisse untereinander 38

c) Ergebnisse der primären-, sekundären Sehnennähte und freien Plastiken 41

d) Ergebnisse nach folgenden präoperativen Befunden 44

α) Unfallmechanismus 44

β) Nebenverletzungen 45

γ) sensible Ausfallerscheinungen 46

δ) Zeitspanne zwischen Verletzung und sekundärer Wiederherstellung 48

e) Ergebnisse der postoperativen Therapie 49

α) Krankengymnastische Nachbehandlung 49

β) Tenolysen 50

III. Diskussion 53

C. Zusammenfassung 57

D. Literaturverzeichnis 59

E. Lebenslauf

Begründung der Nachuntersuchung und Festlegung der Untersuchungsziele

Seitdem das Problem der Sehnenverwachsungen in der Beugesehnenwiederherstellung erkannt ist, sind zahlreiche erfolgversprechende, aber auch nutzlose Versuche und Methoden unternommen worden, um die Behandlungsergebnisse zu verbessern.

Aber erst die Entwicklung spezieller Nahtmethoden und die Einführung einer "atraumatischen" Operationstechnik, wie sie von Bunnell postuliert wurde, haben die entscheidenden Grundlagen in der Handchirurgie geschaffen.

An dieser "klassischen" Arbeitsweise hat sich bis heute nichts wesentliches geändert. Trotzdem ist es wichtig, da die einzelnen Handchirurgen verschiedene Ansichten vertreten; z.B. welches die günstigste Sehnenrekonstruktion ist, wann die Mobilisierung erfolgen soll, auf welche präoperativen Befunde man besonders zu achten hat; diese Probleme einer genauen Überprüfung zu unterziehen. Zudem ist jeder kritisch arbeitende Handchirurg im Laufe der Zeit gezwungen, seine Arbeitsweise zu kontrollieren und eine Durchsicht aller operierten Fälle vorzunehmen.

Im Rahmen der nachuntersuchten Beugesehnenrekonstruktionen von 1963 bis 1970 ist es wichtig, daß alle operierten Fälle erfaßt werden. Fehlen einige, so können sich die Prozentzahlen sehr verändern und falsche Rückschlüsse auf die entsprechende Wiederherstellungsart oder Nachbehandlung zulassen.

Hinsichtlich einer guten späteren Beweglichkeit der reparierten Sehne und um Vergleichsmöglichkeiten mit bekannten Resultaten aus der Fachliteratur zu erhalten, werden folgende Fragen gestellt:

- Inwieweit wird jede durchtrennte Superficialis Sehne genäht oder reseziert?
- Bestimmt der Ort der Verletzung das spätere funktionelle Ergebnis?
- Weisen die primär außerhalb operierten Patienten schlechtere Ergebnisse auf als die nur in der Klinik operierten?
- Wie ändern sich die Ergebnisse, wenn das Bewertungsschema anderer Autoren zu Grunde gelegt wird?
- Sind unsere Ergebnisse mit denen anderer Autoren vergleichbar?
- Hat die primäre-, sekundäre Sehnennaht oder die freie Plastik den besseren Erfolg aufzuweisen?
- Beeinflussen präoperative Befunde, in Bezug auf Unfallmechanismus, Gefäß- und Nervenläsionen das Ergebnis?
- Welche postoperative Therapie vermag die Gleitfunktion der reparierten Sehne zu verbessern?

I. Pathogenese der Sehnenverwachsungen

Eine der Ursachen von Verwachsungen sind die ablaufenden nekrobiotischen Prozesse an der Sehne. (Heinemann, Lange, Iselin, Schink)

Bei einer Sehnendurchtrennung liegen ungenügende Durchblutungsverhältnisse vor, die eine Ischämie der Sehnenenden nach sich zieht. Noch größer ist der Verwachsungsreiz bei einem Sehnentransplantat, da der größte Teil des Transplantates zunächst zugrunde geht und nur langsam durch einsprossende Fibrozyten ersetzt wird. (M. Iselin)

Der Einbauvorgang des Sehnentransplantates läßt sich mit der Einheilung eines Knochentransplantates vergleichen, bei dem ebenfalls eine "Tot-Einheilung" angenommen wird. Das Transplantat dient nicht nur dem jugendlichen Regenerationsgewebe als Leitschiene, sondern seine makromolekularen Bausteine werden für die Neubildung der Ersatzsehne benötigt.

Die Regeneration des ganzen Transplantates sowie der Heilungsvorgang bei einer Sehnennaht erfolgt aus dem umgebenden Bindegewebe des Gleitlagers; dabei wird dem Paratenonium eine entscheidende Rolle zugestanden. (Lange, Iselin, Böhler, Hoffmann)

Das Ausmaß der gefäßtragenden Verwachsungen hängt bei der Sehnennaht von der Ausdehnung der ischämischen Gebiete an den Sehnenenden ab, während dagegen das ganze Sehnentransplantat von Verwachsungen eingehüllt ist. Diese entstandenen, engen geweblichen Verbindungen zwischen Sehne und Gleitlager sind für den Neuaufbau der Sehne biologisch wichtig. (M. Iselin)

Es gibt noch eine Reihe von Faktoren, die bei der Sehnenverwachsung mitspielen: die posttraumatische Vernarbung - sie ist vom Ausmaß der Gewebeschädigung durch die Verletzung bestimmt; das sekundäre Trauma der Wiederherstellungsoperation; die Gewebequetschung und Austrocknung; die Sehnennaht und vor allem der Fremdkörperreiz des Nahtmaterials. (Bunnell, M.Lange, Iselin, Moberg, Pulvertaft, Seiffert, A.N. Witt)
Eine wesentliche Verwachsungsursache ist auch die Wundinfektion. Es bildet sich ein entzündliches Granulationsgewebe zwischen Sehne und Gleitlager, welches zum Schluß in eine narbige Verbindung übergeht.

II. Maßnahmen zur Verhütung postoperativer Sehnenverwachsungen

1) Allgemeine chirurgische Maßnahmen

Entscheidend für den funktionellen Erfolg ist die Forderung nach einer "atraumatischen" Operationstechnik, wie sie von Bunnell, Lange, Mason, Pulvertaft und Witt deklariert wird.

Darunter versteht man: Die Operationen sind in Blutleere durchzuführen. Die Hautschnitte sind so zu legen, daß keine Kontrakturen auftreten, indem der verhängnisvolle Längsschnitt in der Mittellinie des Sehnenverlaufes vermieden wird. Der Unerfahrene wird oft zu dieser Handlung verführt mit dem Bestreben, einen direkten Zugang zur verletzten Sehne zu erhalten. Dies führt jedoch immer zu einer Narbenkontraktur und Verwachsung mit der daruntерverlaufenden Sehne.
Sehnen und Sehnentransplantate sind schonend mit stumpfen Instrumenten anzufassen, denn je geringer die Traumatisierung

des Operationsgebietes ist, um so geringer ist auch die Gewebereaktion und damit die Verwachsungstendenz.
Viel Mühe ist angewandt worden, um den Verwachsungsreiz, der von der Sehnennahtstelle und dem Nahtmaterial ausgeht, möglichst klein zu halten. Subtile Nahttechniken wurden erfunden, die einerseits eine Anwendung feinsten atraumatischen Nahtmaterials ermöglichen und zum anderen eine notwendige und ausreichende Zugfestigkeit gewährleisten. Hier hat sich insbesondere Bunnell mit seinem "pull-out-wire" -Verfahren verdient gemacht, bei dem ein zur Sehnennaht verwendeter, rostfreier Stahldraht nach erfolgter Heilung ohne neues Operationstrauma entfernt werden kann.
Auch jede noch so schonende Operationstechnik zeigt letztlich nicht den erwünschten Erfolg, sondern es müssen noch andere anatomisch-physiologische Gesichtspunkte bei der Wiederherstellung berücksichtigt werden.
Eine bessere Beweglichkeit verspricht wegen der engen Raumverhältnisse, auch außerhalb vom "Niemandsland", nur die Naht der Profundussehne und die Resektion der Superficialissehne, wenn beide Beugesehnen durchtrennt sind. (White, James, Moberg, Iselin). Die Forderung, die Nahtstellen außerhalb der gefährdeten Gebiete zu legen, wird durch den Einsatz einer freien Beugesehnenplastik ermöglicht. (Bunnell, Pulvertaft, Boyes, Moberg, Titze)
Die Streitfrage, ob die Sehnennaht oder die freie Plastik den größeren Verwachsungsreiz ausüben, ist noch nicht geklärt. Nach Iselin's Meinung geht vom freien Transplantat ein erhöhter Verwachsungsreiz aus, weil es in seiner ganzen Länge nekrobiotisch wird. Für die spätere Ausbildung eines funk-

tionstüchtigen Gleitgewebes bei einer Sehnenplastik darf der Ort der Verletzung nicht unberücksichtigt bleiben. Bei synovialen Scheiden kommt es zu festen Verwachsungen zwischen der Oberfläche des Transplantates und der Sehnenscheide. Um diese Gleitunfähigkeit zu verhindern empfiehlt es sich, die festen Beugesehnenscheiden bis auf schmale Brücken an den Biegungsstellen zu resezieren, wo sie die Funktion eines Hypomochlions übernehmen. (Witt, Moberg)

2) Autologe und homologe Sehnentransplantate

Die Verwachsung der Sehne mit der Umgebung ist weniger ein Problem der operativen Technik, sondern vielmehr eine Frage der biologischen Umbauvorgänge. Somit ist die Suche nach einem geeigneten Sehnentransplantat mit den geringsten Gewebsreaktionen des umgebenden Gleitlagers verständlich. Bisher wurde dem frischen, autolog entnommenen Sehnengewebe bei einer freien Sehnenplastik der Vorzug gegeben. Als körpereigenes Gewebe weist es keine Antigen-Antikörper-Reaktion auf und heilt gut ein. Es wird während der Operation entnommen und sofort verwendet. (Die Kosten einer Konservierung und Lagerungsschwierigkeiten fallen erst gar nicht an).

Dagegen konnte die Verwendung homologer Sehnentransplantate lange Zeit nicht befriedigen, da jede frische Homoplastik infolge der immunologischen Abwehrkräfte beim Menschen zum Mißerfolg verurteilt war.
Erst die Einrichtung einer "Gewebebank" mit neuen Konservierungsmöglichkeiten vermochte die Antigen-Antikörper-Reaktion zu verringern. So sollen die homologen konservierten Späne sogar reizloser einheilen als die autologen.

(Herzog, Seiffert, Dimoft, Wilson, Peacock, Iselin). Das devitalisierte homologe Transplantat sei außerordentlich anspruchslos, verhalte sich völlig passiv und diene lediglich als Leitgerüst für das Regenerationsgewebe.
Viele tierexperimentelle Untersuchungen (Herzog, Seiffert), und teilweise auch Operationen am Menschen (Iselin, Seiffert) haben diesen Erfolg bestätigt.
Die Gewinnung der homologen Sehnen erfolgt von frischen Amputationen oder von Frischverstorbenen, denen die Sehnen unter aseptischen Bedingungen entnommen werden.
Unter Berücksichtigung der Eigenart des Sehnengewebes haben sich folgende Konservierungsarten bewährt:

a) Die chemische Konservierung in organischen Quecksilberverbindungen in wässrigen Lösungen wie Cialit und Thiocid.
b) Die Gefriertrocknung oder Lyophilisation. Dieses Verfahren ist recht kostspielig und aufwendig.
c) Einbettung in schnell härtende Kunststoffe wie Palavit und Palacos.

Der Vorteil der konservierten homologen Sehne, insbesondere der einfach zu konservierenden Cialit-Sehne, liegt in dem unbeschränkten Angebot an Transplantationsmaterial und anatomisch idealen Ersatzstücken bei multiplen Sehnenrekonstruktionen. Damit würde sich auch der operative Eingriff vereinfachen.

3) Tenolysen

Da es im Bereich des Transplantates sowie auch der Nahtstellen zu Verwachsungen kommt, die eine ungestörte Sehnenfunktion behindern oder völlig aufheben können, wird oft eine

Zweitoperation notwendig sein, um die Verwachsungen chirurgisch wieder zu lösen.
Die Prognose der Tenolyse hängt von der Ausdehnung der bindegewebigen Adhäsionen zwischen der Sehne und ihrem Gleitlager sowie den narbigen Veränderungen an der Haut ab. (A. Titze, M. Iselin)
Andererseits kann der Erfolg - gemessen an der verbesserten Beugefähigkeit der Finger - dadurch eingeschränkt werden, daß jedes neue Operationstrauma wieder einen neuen Verwachsungsreiz auf die Sehne ausübt.

4) Mobilisierung

Über die verwachsungsverhütende oder -fördernde Wirkung der Bewegungsaufnahme nach Eingriffen an den Sehnen finden sich widersprechende Angaben in der Fachliteratur.
Pulvertaft, Lange und Witt vertreten die Auffassung, daß die frühzeitige Mobilisierung von etwa einer Woche postop. ein funktioneller Reiz für die Auflösung der Adhäsionen ist.
Während Bunnell, Lindsay, Mason und Verdan eine Spätmobilisierung von etwa vier Wochen befürworten, da sie in Tierversuchen bei frühzeitigen Bewegungsübungen stärkere Verwachsungen festgestellt haben als bei längerer Ruhigstellung.
Iselin und Moberg nehmen einen vermittelnden Standpunkt von etwa 2-3 Wochen ein.
Auffällig ist es, daß bei der Frühmobilisierung häufiger Nahtrupturen auftreten. Wie eingehende Untersuchungen zeigen, tritt erst drei Wochen postop. eine ausreichende Belastungsfähigkeit der Naht ein. (Bunnell, Mason)

5) Tubulisation

In dem Bemühen, die verwachsungsgefährdete Sehnennahtstelle vor dem umgebenden Bindegewebe durch Umhüllung zu schützen, sind zahlreiche Versuche unternommen worden.
Bei der Einrichtung eines mechanischen Hindernisses sind sowohl autoplastische Gewebe wie Fett, Fascie, Knorpel, Arterien und Venen als auch alloplastische Stoffe wie z. B. Zellophan, Gummi, Polyäthylen und Metallfolien verwendet worden. (Iselin, Lange, Mittelmeier, Bunnell)
Die meisten Versuche kamen über das Tierexperiment nicht hinaus, da sämtliche Maßnahmen die Verwachsung durch die Reizwirkung des Umscheidungsmaterials eher begünstigen als verhindern. Bei vollständiger Einhüllung der Sehnennähte, z. B. durch Kunststoffhülsen, kommt es zur Nekrose der Sehne und damit zu Nahtrupturen. (Iselin, M. Lange). Selbst der Einsatz von Millipore-Material (Weller), das aus einem porösen und mit Gelatine gefüllten Maschenwerk besteht, hat keinen überzeugenden Fortschritt in der Tubulisationstechnik gebracht, obwohl es so permeabel sein soll, daß eine ausreichende Ernährung der Sehnen durch Diffusion gegeben ist.

I. Beschreibung verschiedener Sehnenrekonstruktionen

Primäre und sekundäre Sehnennähte

Die primäre Sehnennaht wird unmittelbar nach der Verletzung ausgeführt. Erfolgt dagegen die Naht 4-6 Wochen nach der Sehnendurchtrennung, so spricht man von einer Sekundär-Naht. In beiden Fällen wird, wenn es möglich ist, die direkte End-zu-

End-Naht der Sehnenenden nach der Schnürsenkeltechnik von Bunnell angestrebt.

Freie Beugesehnentransplantation

a) Sek. einzeitige Plastik

Diese Sehnenrekonstruktion wird nach abgeschlossener Wundheilung in einer Operationssitzung durchgeführt. Nach erfolgter Resektion der Sehnenscheide im "Niemandsland" bis auf die stehengebliebenen notwendigen Ringbänder, werden die beiden distalen Sehnenstümpfe entfernt. Die Profundussehne wird direkt an ihrem Ansatz abgetrennt, während die beiden Schenkel der Sublimissehne bis auf 1 cm Länge stehengelassen werden, um eine Hyperextension im Mittelgelenk zu vermeiden. Distal des Profundusansatzes wird die Endphalanx aufgerauht und nach dorsal transossär zur Mitte des Nagels durchbohrt.
Durch einen zweiten Hautschnitt in der Hohlhand oder am Unterarm werden die prox. Sehnenstümpfe dargestellt. Während man die Profundussehne am Zurückgleiten hindert, wird die Sublimissehne hervorgezogen und durchschnitten, sodaß der Stumpf zum Unterarm hin zurückschlüpft.
Nach Entnahme eines körpereigenen Sehnenspanes, z. B. der Palmaris-longus-Sehne oder der Sublimissehne des verletzten Fingers, erfolgt die distale Fixation des Transplantates am Endglied mit der ausziehbaren Drahtnaht nach Bunnell. Die beiden Drahtenden werden durch den gebohrten Knochenkanal gezogen und über einem Plättchen auf dem Fingernagel verknotet.
Nach dem Einziehen des Transplantates durch die ursprüngliche Sehnenloge und der Bestimmung der richtigen Länge, wird

die prox. Anastomose zwischen dem Transplantat und der Profundussehne möglichst nach der Durchflechtungsnaht nach Pulvertaft ausgeführt. Die Länge des Transplantates wird so bemessen, daß der Finger in normaler Funktionsstellung gebeugt steht.

b) Sek. zweizeitige Plastik

Um eine künstliche Sehnenscheide zu schaffen, wird in der ersten Operationssitzung ein Silikonschlauch in der Länge des späteren Transplantates eingepflanzt. Eine mehrwöchige Ruhigstellung läßt keinen Fremdkörperreiz des gewebefreundlichen Silikonschlauches aufkommen. Nach einer Zeitdauer von 6 Wochen wird in einer zweiten Operation das Kunststoffimplantat entfernt. Das Transplantat wird in den vorgebildeten Gleitkanal eingezogen und in der üblichen Weise wie bei der einzeitigen Sehnentransplantation distal am Endglied fixiert und promimal mittels der Durchflechtungsnaht mit dem prox. Sehnenende der tiefen Beugesehne anastomosiert.

c) Interpositionsplastik

Besteht ein Sehnendefekt außerhalb des Sehnenscheidenbereichs der Langfinger, so kann der Defekt durch Interposition eines Sehnentransplantates überbrückt werden. In der Hohlhand und am Unterarm erfolgt die distale und prox. Anastomosenstelle zwischen Profundussehne und Sehnenspan nach der Schnürsenkeltechnik von Bunnell oder nach der Durchflechtungsnaht von Pulvertaft.

Sehnentransposition

Bei länger zurückliegenden Verletzungen, wenn der zugehörige Muskel durch Schrumpfung so stark verkürzt ist, daß er als Kraftquelle nicht mehr in Frage kommt, ist die Sehnentransposition indiziert.
So kann man z. B. die Sublimissehne vom Mittelfinger an seiner Insertion am Endglied ablösen und damit den ausgefallenen Profundus vom Ringfinger ersetzen. Die transossäre Fixation der Superficialissehne am Ringfinger erfolgt mit der ausziehbaren Drahtnaht nach Bunnell. Mit Ausnahme des Mittelfingers ist dieses Verfahren anwendbar.

Z-förmige Verlängerung

Bei einer durchtrennten Sehne des m. flexor pollicis longus steht das von M. Lange und Witt empfohlene Verfahren zur Verfügung. Die Sehne wird am Übergang zum Muskel prox. des Handgelenkes z-förmig verlängert. Der Sehnenstumpf wird nach distal vorgezogen und am Daumenendglied mit einer Ausziehdrahtnaht nach Bunnell fixiert. Anschließend wird die gespaltene Sehne im Handgelenkbereich wieder anastomosiert.

IV. Indikation zur Primärnaht, Sekundärnaht und freien Beugesehnenplastik

Im Gegensatz zu Sehnenoperationen im Bereich des Niemandslandes, kann bei Verletzungen im Bereich der Hohlhand, des Karpalkanals und des Unterarms unter günstigen Verhältnissen eine primäre Sehnennaht durchgeführt werden. Inwieweit bei

der primären Wundversorgung die Sehnennaht angeschlossen werden kann, hängt von mehreren Faktoren ab; so vom Unfallmechanismus (Säge-, Schnitt- oder Quetschwunde), vom Grad der Verschmutzung und von Begleitverletzungen wie Nerven-, Gefäß- und Knochenbeteiligung.

Die Vorteile einer primären Sehnennaht liegen zum einen darin, daß kein zweiter Operationseingriff nötig ist, der einen neuen Gewebereiz hervorruft und damit die Verwachsungsgefahr vergrößert. Bei einem Zeitgewinn von 4-6 Wochen können die Gelenke eher funktionell beansprucht und eine Atrophie der betroffenen Muskeln vermieden werden. Zum anderen besteht (bei einer primären Sehnennaht) eine erhöhte Infektionsgefahr, da jede Zufallswunde mit Keimen kontaminiert ist.

Hieraus ergibt sich die Forderung, bei schweren und insbesondere bei infektionsgefährdeten Verletzungen nur eine Wundversorgung ausführen zu lassen und auf eine primäre Sehnennaht zu verzichten. Die sekundäre Sehnenrekonstruktion erfolgt später. (L. White, Buck-Gramcko, A. Titze)

Auf eine End-zu-End-Naht muß dann verzichtet werden, wenn daraus eine zu große Spannung der Sehne mit starker Beugung des Fingers resultiert. In diesem Fall ist durch die entstandene Muskelschrumpfung und Sehnendegeneration eine Beugesehnentransplantation notwendig.

Erwähnt werden soll auch die von M. Iselin empfohlene Behandlung, die unter dem Begriff "urgence avec opération differée" bekannt ist. Ihr Vorteil liegt darin, daß die Versorgung des Verletzten nicht unter ungünstigen Verhältnissen durch einen weniger geübten Arzt erfolgt, sondern später von einem erfahrenen Handchirurgen in einem "act globale" vorgenommen werden

kann. (I. Geldmacher, E. Scharizer, E. Seiffert)

V. Topographische Regionen

Die Übertragung der Muskelkontraktion erfolgt über biegsame, kaum dehnbare Sehnen über mehrere Gelenke hinweg und ermöglicht so eine vielfältige Bewegungskoordination einzelner Muskelgruppen. Der erforderliche Gleitmechanismus hat entsprechend seiner Zugrichtung und seiner engen anatomischen Beziehung zu den Knochen, Nerven und Gelenken einen unterschiedlichen strukturellen Aufbau.
Daher ist der Verlauf der Beugesehnen in den einzelnen Regionen der Hand verschiedenen Einflüssen unterworfen.

1) Regio antebrachii volaris, Unterarm

Stellt den Bereich von den Ansätzen der Beugemuskulatur an den Epicondylen des medialen Humerusschaftes, des Radius und der Ulna bis zum Handgelenk hin dar.
Die oberflächliche Schicht der Beugemuskeln des Unterarms entspringt mit einem gemeinsamen Ursprung vom epicondylus medialis humeri. Alle Muskeln, der m. flexor carpi radialis und ulnaris, m. palmaris longus, m. flexor dig. superficialis, mit Ausnahme des m. pronator teres überschreiten sehnig das Handgelenk. Der m. flexor dig. superficialis hat eine etwas tiefere Lage gegenüber den anderen Muskeln dieser Gruppe; eine Furche trennt sie von der Gruppe der Radialmuskeln.

Die tiefe Schicht der Beugeseite des Vorderarmes besteht aus den beiden tiefen Fingerbeugern, den m. flexor dig. prof. und m. flexor pollicis longus und dem m. pronator quadratus.

Wichtig sind noch die drei großen durchlaufenden Gefäßnervenstraßen auf der Unterarmbeugeseite.

- Speichenstraße: Zwischen Beugern und radialen Streckern verläuft verhältnismäßig oberflächlich entlang des Radius die A. radialis und r. superficialis n. radialis.
- Ellenstraße: Etwas tiefer verläuft zwischen der oberflächlichen und tiefen Beugemuskulatur entlang der Ulna, die A. unlaris und der n. ulnaris.
- Mittelstraße: Die Bindegewebsschicht zwischen oberflächlicher und tiefer Beugemuskulatur leitet entlang des m. flexor carpi radialis den n. medianus zur Hand, der distal nur von der Sehne des n. palmaris longus überlagert wird. Diese Sehne ist im distalen Drittel das Leitgebilde bei der Auffindung des n. medianus.

2) Region des canalis carpi, Handwurzelbeugeseite

Die distale Grenze gegen die Hand ist äußerlich durch die Rascetta, die distale der drei Hautfalten, angezeigt, während eine prox. Grenze der Region gegen den Unterarm hin schwer anzugeben ist, da die Umlagerung der Gefäße und Nerven des Unterarms für die Hand nur allmählich beginnt und sich nicht nach außen abzeichnet. Am besten legen wir den distalen Rand des m. pronator quadratus als Grenze fest.
Der Karpalkanal wird durch ein sehniges Band, das lig. carpi transversum erzeugt, das sich zwischen den beiden eminentia carpi radialis und ulnaris über dem sulcus carpi ausspannt. Der canalis carpi ist eine ausgesprochene Durchgangsregion, da sämtliche Sehnen der Beugemuskulatur, Nerven und Gefäße vom Unterarm zur Hand ziehen. Acht Fingerbeuger liegen in

zwei Schichten eng nebeneinander in einer gemeinsamen Synovialscheide, während für die Sehnen des m. flexor pollicis longus und des m. carpi radialis je eine eigene Vagina synovialis vorhanden ist.
Die straffe Sehnenführung im Karpalkanal zwingt auch die Gefäße und Nerven, ihre Lage zu ändern. Von den drei großen Gefäßnervenbündeln setzen der Ulnar- und der Medianstrang ihre Richtung fort, während der Radialstrang neue Wege einschlägt und auf den Handrücken ausweicht.

3) Region der vola manus, Hohlhand

Die Hohlhand zeichnet sich durch ihren besonderen Bau für Druckbeanspruchung aus. Sie ist von der distalen Hohlhandfurche und proximalwärts von der Rascetta begrenzt.
In drei Gruppen gliedern sich die Muskeln und Sehnen der Hohlhand. Durch das Mittelfach ziehen die Sehnen der langen Fingerbeuger. Von beiden Seiten verlaufen kurze Muskeln zum Daumen und Kleinfinger hin und bilden so die Seitenfächer, den Daumen- und den Kleinfingerballen.
Im Bereich des mittleren Hohlhandfaches liegt eine deutliche Dreischichtung vor.
a) Unmittelbar unter der aponeurosis palmaris liegt die oberflächliche Gefäß-Nervenschicht, die vom oberfl. Hohlhandbogen und den Fingerästen des n. medianus und des n. ulnaris gebildet wird.
b) Die folgende Muskel-Sehnenschicht setzt sich aus den langen Fingerbeugern und mm. lumbricalis zusammen, die von der Sehne des m. flexor dig. profundus entspringen. Und zwar die beiden lateralen (radialen) einköpfig am lateralen Rand der Sehnen,

die beiden medialen (ulnaren) zweiköpfig von den gegenüberstehenden Rändern benachbarter Sehnen. Sie gehen von der Lateral-Seite her in die Dorsalaponeurosen der Finger über.

I. Operatives Vorgehen, anschließende Ruhigstellung und Nachbehandlung

Die Operationen werden fast immer unter Vollnarkosen durchgeführt, wobei die Schockbekämpfung bei schweren Handverletzungen am Anfang der Behandlung steht.

Die Versorgung der Wunde ist nur in Blutleere bei 300 mmHg möglich; nur so erhält man eine gute Übersicht in der Wunde und Klarheit in der Beurteilung der Verletzungsausmaße.

Die Vorbereitung des Operationsfeldes erfolgt durch eine sorgfältige Waschung der Wunden mit Wasser und antiseptisch wirkenden Flüssigkeiten; anschließend wird das Operationsgebiet noch mit 70%igem Alkohol mehrmals abgewaschen.

Die Schnittführung muß jeweils so geführt werden, daß sie einerseits eine gute Übersicht über das Operationsfeld ermöglicht - nur so kann die Forderung nach gewebeschonendem Operieren erfüllt werden - andererseits aber den verhängnisvollen Längsschnitt in der Mittellinie entlang der Beugesehne vermeidet. Daher verlaufen die Hautschnitte bogen- oder s-förmig parallel zu den Beugefalten, im Fingerbereich zickzackförmig, wobei die Abwinkelung jeweils am Ende einer Beugefalte liegt.

Die zickzackförmigen Inzisionen am Finger vermeiden die Nachteile eines seitlichen Schnittes; bleibt man dorsal des Ge-

fäßnervenbündels, so erlaubt die Tunnelierungstechnik keinen guten Überblick; bleibt man dagegen volar, so ist eine unnötig weite Ablösung der Hautlappen notwendig, was einen zusätzlichen Verwachsungsreiz und Gefühlsstörungen hervorruft.

Als Nahtmaterial verwenden wir einen rostfreien polyphilen Stahldraht. Weniger geeignet ist Seide oder Kunststoff wie Supramid. Völlig abzulehnen dagegen ist Catgut, da es die stärksten Gewebsreaktionen auslöst.

Alle Nahtmethoden müssen gewebeschonend zu handhaben und einer zugfesten Belastung gewachsen sein.

Eine End-zu-End Sehnennaht führen wir nach der Schnürsenkeltechnik von Bunnell aus. Der mit zwei geraden Nadeln armierte Faden wird kreuzweise durch die Sehne geführt, wobei das mit einer Klemme gefaßte Sehnenende vor dem Straffziehen der Naht abgeschnitten wird. Um möglichst wenig Nahtmaterial an der Oberfläche zu belassen, werden die Knoten in die Sehne hineingezogen.

Wenden wir eine Transplantation an, so erfolgt die distale Verankerung des Sehnenspanes nach dem Verfahren von Bunnell durch eine transossäre Fixation am Endglied mit einer ausziehbaren Drahtnaht. Die prox. Anastomose zwischen dem Transplantat und dem Sehnenstumpf führen wir nach der Methode von Pulvertaft aus. Diese Durchflechtungsnaht eignet sich nur, wenn das Transplantat einen kleineren Durchmesser als der Sehnenstumpf hat. Nach dreimaligem Durchziehen des Transplantates durch die Sehne wird das Ende des Stumpfes fischschwanzartig vernäht.

Wichtig ist die zarte Behandlung der Sehnenenden, wie Moberg betont. Nicht der kleinste Teil eines Sehnenquerschnittes

darf freiliegen, da es sonst zu Verwachsungen der kollagenen Fasern mit der Umgebung kommt. Problem der sog. "unbefriedigten Sehnenenden" nach Bunnell.
Die Ruhigstellung der Hand wird durch einen Gipsverband in sog. Funktionsstellung, d.h. mittleren Beugestellung der Finger, gewährleistet. Es werden abschwellende Mittel (Tanderil) und antibakteriell wirksame Medikamente (Antibiotika) zur Infektionsprophylaxe gegeben.
Bei der Mobilisierung nehmen wir einen vermittelnden Standpunkt ein. Die Ruhigstellung erfolgt für ca. 3-4 Wochen. Sofort schließen sich die aktiven, nicht aber die passiven Bewegungsübungen an, die unter Aufsicht geleitet werden. Es wird keine Warmluft- und Warmwassertherapie angewendet.

I. Untersuchungsmaterial und -methoden

1) Zusammensetzung des Patientengutes

Insgesamt haben wir aus dem Krankenblattarchiv 83 Patienten erfaßt, die sich zu einer Beugesehnennaht oder -plastik in dem Zeitintervall von 1963 bis Juni 1970 in der Chirurgischen Universitätsklinik München aufgehalten haben.
Die Aufforderung, zu einer Nachuntersuchung zu erscheinen, konnte von der Post in 8 Fällen, das sind 10%, nicht zugestellt werden.
Trotz mehrfacher Anfrage sind 7 Patienten, das sind ca. 8%, aus fehlendem Interesse oder Zeitmangel nicht gekommen.
Gut 80% der erfaßten Fälle, nämlich 68 Patienten, sind zur Nachuntersuchung erschienen.

Bei diesem Krankengut teilt sich das Verhältnis der Geschlechter in 47 Männer (70%) und in 21 Frauen (30%) auf.
Genau wie bei der Seitenverteilung die rechte Hand mit 57% mehr betroffen ist als die linke mit 43%, stimmen diese Verhältniszahlen ungefähr mit den Angaben anderer Autoren überein. (Kogge, Titze, Boyes)
Der Durchschnitt der Altersverteilung lag zwischen dem 2. und 3. Dezemium. Unser jüngster Patient war 8 Jahre, der älteste 57 Jahre alt.
Die verschiedenen Einzelnen Sehnenrekonstruktionen gliedern sich bei den 68 Patienten wie folgt auf:

Bei 41 Pat.	wurden	71	prim. o. sek. Sehnennähte	durchgeführt
Bei 11 "	"	15	sek. einzeitige Beugesehnenpl.	"
Bei 9 "	"	9	sek. zweizeitige "	"
Bei 4 "	"	10	Interpositionsplastiken	"
Bei 2 "	"	2	z-förmige Verlängerungen	"
Bei 1 "	"	2	Transpositionen	"

2) Art der Nachuntersuchungen

Jeder erfaßte Patient, dabei mußte die Operation mindestens 6 Monate zurückliegen, wurde einer ausführlichen Untersuchung unterzogen, die genaue Aussagen über sensible und motorische Störungen an den Fingern geben sollte.
Ein absolut objektives Meßverfahren gibt es nicht, welches eine exakte Beurteilung der Ergebnisse ermöglicht.

a) Prüfung der motorischen Bewegungseinschränkungen

Anglo-amerikanische Verfahren zu Grunde legend, haben wir folgende Meßmethoden durchgeführt:

Bei maximaler Beugung wird der lineare Abstand der Fingerkuppen von der distalen Hohlhandfurche gemessen.

Mittels eines Winkelmessers wird die aktive Beugung in jedem Interphalanggelenk gemessen. Die addierten Winkelausschläge ergeben die zusammengesetzte Beugung des Fingers.

Die Streckhemmung in den einzelnen Gelenken sind in dem Abweichungswinkel von 180 Grad abzulesen. Die addierten Winkel ergeben den gesamten Streckverlust des Fingers.

Um die Abduktionsfähigkeit des Daumens zu erfassen, wurde der maximale Abstand zwischen Daumenkuppe und Zeigefingerkuppen der betroffenen und der gesunden Hand gemessen.

Der wichtige Spitzgriff zwischen Daumen und Zeige-Mittelfinger wurde mit der Klassifizierung - normal - vermindert - aufgehoben - bewertet.

Bewegungsausmaße im Handgelenk wurden geprüft, inwieweit die Dorsal-Volarflexion oder die Radial-Ulnarabduktion eingeschränkt sind.

b) Sensibilitätsprüfung

Die üblichen neurologischen Prüfungen der Sensibilitätsqualitäten wie Berührung, Schmerz, Wärme und Kälte, werden den tatsächlichen Verhältnissen nicht gerecht, da sie die Gesamtfunktion nicht erfassen.

In Anlehnung an Erik Moberg führen wir die Untersuchungsmethoden aus, die einen Aufschluß über die taktile Gnosis geben.

Webersche Zweipunkt-Unterscheidungsmethode:

Mit einem abgestumpften Zirkel oder einer auseinandergebogenen Büroklammer wird das Zweipunkt-Unterscheidungsvermögen an den Fingerkuppen getestet. Der Zirkelabstand wird zunächst weit gewählt und so lange verkleinert, wie der Patient noch beide Spitzen spürt.

Aufleseprobe:

Sie wird an kleinen Gegenständen mit und ohne Kontrolle der Augen durchgeführt. Geschwindigkeit und Geschick beim Auflesen werden bewertet.

Ninhydrinprobe:

Von Moberg entwickelt, wurde sie nur vereinzelt ausgeführt. Ist die Nervenleitung unterbrochen, so fehlen nicht nur die taktile Gnosis, sondern auch die Innervation der Schweißdrüsen und somit die Schweißabsonderung.
Ob die Schweißsekretion funktioniert, kann in einem Abdruckverfahren objektiv dargestellt werden. Beim Fingerabdruck werden die Aminosäuren der Schweiße auf ein präpariertes Papier übertragen. Diese lassen sich mit einer Ninhydrinfärbung nachweisen.

3) Klassifizierung der Ergebnisse

a) Dreigliedrige Finger

Für die Auswertung der Resultate von Sehnennähten und Transplantationen gibt es noch keine international anerkannte Wertungsskala.

Um die Bewegungseinschränkung der reparierten Beugesehnen erfassen zu können, werden im allgemeinen anglo-amerikanische Meßmethoden angewandt. Nach Boyes und Kelly wird der lineare Abstand der Fingerkuppen von der distalen Hohlhandfurche gemessen. Aber diese lineare Messung ist in ihrer Auslegung oft sehr trügerisch, während ihr Vorteil in der einfachen Handhabung liegt.

Ein Fingerkuppen-Hohlhandabstand von 3 cm ist bei einem Kind ein wesentlich schlechteres Ergebnis als bei einem Erwachsenen. Berühren die Fingerspitzen die Hohlhand, so ist die volle Beugefunktion noch nicht ganz erreicht, sondern erst, wie Böhler sagt, wenn die Fingernägel nicht mehr sichtbar, d.h. versteckt sind. Lindsay erweitert noch das Meßverfahren, indem er die "zusammengesetzte Beugung" des Fingers in die Bewertung einbezog. Diese Winkelmaße stellen einen sicheren Parameter für die Gleitfähigkeit der Beugesehnen dar.

Beide Verfahren berücksichtigen aber in keiner Weise, daß Streckbehinderungen den rekonstruierten Finger in seiner Funktion schwer beeinträchtigen.

Erst Kelly führte einen Streckausfall bis von und über 10 Grad in den Interphalanggelenken ein. Wir richten uns nach L. White, da ein gesamter Streckverlust von 10, 30 und 40 Grad die funktionelle Hemmung gut erfaßt und sich leicht in unsere Bewertungsskala einordnen läßt.

Wir haben uns bei der Klassifizierung auch an D. Kogge orientiert, aber im Gegensatz zu ihm und zu anderen Autoren statt 5 Ausgangsbefunde 6 zu Grunde gelegt.

Eine Differenzierung zwischen einem schlechten Ergebnis und einem Mißerfolg, diese Klassen haben wir noch eingeführt, ist

unbedingt nötig, da ein funktionsuntüchtiger, d.h. steifer Finger, den Patienten mehr stört als nützt.

Bewertungsskala:

sehr gut:	normale Beweglichkeit, restitutio ad integrum zusammengesetzte Beugung über 210 Grad Streckverlust bis 10 Grad volle Kraft beim Faustschluß
gut:	geringe Bewegungseinschränkung FKHA bis 1,5 cm zusammengesetzte Beugung von 200-210 Grad Streckverlust bis 30 Grad
befriedigend:	mittlere Bewegungseinschränkung FKHA bis 2.5 cm zusammengesetzte Beugung von 180-200 Grad Streckverlust bis 30 Grad
ausreichend:	starke Bewegungseinschränkung FKHA bis 4 cm zusammengesetzte Beugung von 160-180 Grad Streckverlust bis 40 Grad
schlecht:	fast funktionsuntüchtig FKHA über 4 cm zusammengesetzte Beugung unter 160 Grad Streckverlust größer als 40 Grad
Mißerfolg:	funktionsuntüchtig, wertloser o. störender Fing. im Mittel- und Endgelenk sind nur Wackelbewegungen möglich, oder die Gelenke sind völlig steif

FKHA - Fingerkuppenhohlhandabstand

Wenn bei unseren Fällen trotz guter Beugung eine stärkere Streckbehinderung vorlag, so wurde dieser Fall in die entsprechende, d.h. schlechtere Rubrik eingeordnet.

b) Daumen

Die Klassifizierung dieser Ergebnisse wurden in Anlehnung an Kelly und Verdan vorgenommen, die eine Einschränkung der aktiven Beugung zum Bewertungsmaßstab wählten. Wir erweitern noch dieses Schema geringfügig mit folgenden Überlegungen:

Am Daumen spielt der Bewegungsverlust im Verhältnis zu den dreigliedrigen Fingern keine so große Rolle wie der Verlust an Stabilität, da der Daumen, den anderen Fingern gegenübergestellt, den notwendigen Fein- oder Spitzgriff ausführen muß. Wichtig ist nicht nur die Oppositions-, sondern auch die Abduktionsfähigkeit des Daumens. Eine Einschränkung dieser Fähigkeit wurde im Bewertungsschema mit dem gemessenen max. Daumenkuppen-Zeigefingerkuppen-Abstand (DK-ZFKA) berücksichtigt.

Bewertungsskala:

gut: wenn die Einschränkung der aktiven Beugung od. Streckung bis zu $\frac{1}{3}$ der normalen aktiven Beweglichkeit führt und ein normaler Spitzgriff und weiter DK-ZFKA vorhanden ist

ausreichend: wenn die aktive Bewegungseinschränkung über $\frac{1}{3}$ der normalen Beweglichkeit hinausgeht, bei vermindertem Spitzgriff und weitem DK-ZFKA

schlecht: wenn nur noch Wackelbewegungen möglich sind, bei aufgehobenem Spitzgriff und engem DK-ZFKA

4) Lokalisation der Sehnenrekonstruktionen

Unter Berücksichtigung des Ortes der Verletzung, die topographische Einteilung wurde wie folgt vorgenommen: Hohlhand, Karpalkanal, Unterarm; wurden alle Sehnenrekonstruktionen in die Tabelle eingetragen. Es wurde eine genaue Differenzierung zwischen einer Flexor superficialis- und einer einer Flexorprofundus-Wiederherstellung durchgeführt.

Tabelle 1

		D2		D3		D4		D5		
	D1	s.	p.	s.	p.	s.	p.	s.	p.	
Hohlhand	0	2	9	1	10	2	8	1	8	41
Karpalkanal	6	1	5	2	6	2	3	2	3	30
Unterarm	1	3	6	3	7	4	5	4	5	38
	7	26		29		24		23		109

s. = Flexor superf.

p. = Flexor profundus

Es fällt auf, daß bei den Verletzungen die Beugesehnen des Mittelfingers mit Abstand am meisten betroffen sind, während der Daumen gegenüber den Langfingern eine unwesentliche Rolle spielt.

Die Hohlhand weist mit knapp 40% den größten Anteil der operierten Fälle auf. Dagegen hat der Karpalkanal, bedingt durch seine anatomisch eng begrenzte Region, mit 28% den geringsten Anteil.

Außerdem gibt die obige Tabelle noch Auskunft darüber, wieviele oberflächliche Beugesehnen der Langfinger primär oder

sekundär genäht werden. Man erhält aber ein falsches Bild von der Situation, wenn man nicht die wiederhergestellten mit der Gesamtzahl an verletzten Superficialissehnen vergleicht.

Bei insgesamt 110 verletzten oberflächlichen Beugesehnen wurden nur 28 Sehnen genäht, das sind gerade 25%. Mit anderen Worten: von 4 durchtrennten Sublimissehnen wird nur eine genäht, während von den anderen drei die Stümpfe exstirpiert werden.

Eine Ausnahme ist bei uns durch einen Patienten mit einer Mehrfachsehnenverletzung am Unterarm gegeben, wo die Sehne des flexor dig. superficialis und zu $\frac{4}{5}$ die des flexor dig. profundus durchtrennt waren. Eine primär ausgeführte Naht der acht Beugesehnen ergab ein befriedigendes funtionelles Resultat.

Dieser Casus erklärt auch die höhere Anzahl von 109 Sehnenrekonstruktionen im Gegensatz zu den angegebenen 105 nachuntersuchten Fällen, da sich der Erfolg oder Mißerfolg der acht Beugesehnen am Unterarm nur durch die Bewegungsausmaße an den 4 Fingern beweisen läßt.

Kasuistik: Georg M., 36 Jahre: Kreissägeverletzung (11.1.64) am re. Unterarm 4 Querfinger oberhalb des re. Handgelenkes, Durchtrennung der Sehnen des m. flexor carpi radialis, des m. palmaris longus, der oberflächlichen und zu $\frac{4}{5}$ der tiefen Beugesehnen, Läsion des n. medianus und der art. radialis. Wundversorgung mit primärer Naht aller betroffenen Beugesehnen und Adaptionsnähte des n. medianus und der art. radialis. Am 4.6.1965 fand eine sekundäre Versorgung mit Resektion der

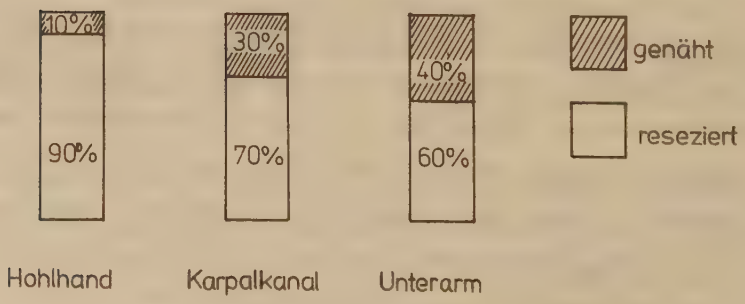
Palmarissehne, Narbenrevision und Entfernung eines Neuroms statt.

Bei der Nachuntersuchung lag ein FKHA von 1,5 bis 2,5 cm vor, keine Streckhemmung.

Bei einer isolierten Sehnendurchtrennung des Flexor sublimis ist eine Wiederherstellung nicht unbedingt indiziert, da die Beugefunktion durch den Flexor profundus mit leicht verminderter Kraft übernommen wird. Außerdem ist das Risiko bei einem operativen Eingriff, das Gleitvermögen der tiefen Beugesehne durch Verwachsungen zu behindern, sehr groß.

Obwohl der Beruf, Verletzungsart und betroffene Nebenverletzungen eine wichtige Rolle bei der Indikation zu einem operativen Eingriff spielen, so ist letztlich die Lokalisation der Verletzung ausschlaggebend für eine Naht der oberflächlichen Beugesehnen, wie folgende Übersicht zeigt:

1. Übersichtsbild: Verhältnis von resezierter zu genähter Superficialis Sehne in den einzelnen Regionen.



I. Eigene Ergebnisse

1) Handbeuger: Ergebnisse nach 6 Sehnennähten

Insgesamt wurden 8 Verletzungen des Flexor carpi radialis et ulnaris gezählt, davon wurden in 6 Fällen eine primäre Sehnennaht durchgeführt.

Der Funktionsausfall der durchtrennten Handbeuger ist sehr gering, da die Flexoren der Finger zusätzlich eine Beugefunktion für die Hand ausüben. Nur um eine spätere radiale oder ulnare Abduktion zu vermeiden, sollten derartige Sehnenverletzungen primär genäht werden.

Die Sehnennaht des Flexor carpi radialis et ulnaris bietet keine Probleme, sie erfolgt in typischer Weise nach der Schnürsenkeltechnik von Bunnell.

Nur in einem Fall blieb eine Abduktionshemmung zurück, dieser Patient hatte aber auch eine starke Bewegungseinschränkung sämtlicher Fingerbeugesehnen mit einem FKHA von 2,5 bis 4 cm aufzuweisen.

2) Daumen: funktionelle Ergebnisse von 7 Sehnenrekonstruktionen im Bereich des Handgelenkes

Bei nur 7 Durchtrennungen der Flexor pollicis longus Sehne in der Karpalkanal- und Unterarmregion teilen sich die Wiederherstellungsarten folgendermaßen auf: Die Endergebnisse werden gleich in Verbindung zum operativen Eingriff mit aufgeführt.

Bei 2 z-förm. Verlängerungen	erhalten wir	2	gute Resultate
Bei 4 sek. einzeitg. Plastiken	" "	2	gute "
		2	ausr. "
Bei 1 Interpositionsplastik	" "	1	gutes "

Unsere Nachuntersuchungsergebnisse am Daumen mit 70% guten Resultaten stimmen mit der Auffassung anderer Autoren (Titze, Kelly, Pitzler, Zrubecky, Streli) überein: Durchtrennungen der langen Daumenbeugesehne haben die besten Chancen in der Rekonstruktion und es sind nur wenige Mißerfolge zu befürchten.

Im weiteren Verlauf der Arbeit werden wegen der geringen Anzahl der Daumensehnenrekonstruktionen und ihrer anderen Einteilung in der Klassifizierung nur noch die Ergebnisse der dreigliedrigen Finger behandelt, da nur so ein Vergleich der Resultate auch zu anderen bekannten Handchirurgen möglich ist.

3) Dreigliedrige Finger

a) Funktionelle Ergebnisse in den einzelnen Regionen der Hand:

α) der gesamten Fälle:

Die Einteilung der nachuntersuchten Fälle erfolgt, wie besprochen, in 6 Klassen. Es werden nur die motorischen Bewegungsausmaße zur Bewertung herangezogen. Nervenverletzungen, die trophische Störungen und sensible Ausfallserscheinungen hervorrufen, werden nicht berücksichtigt, da ihr negativer Einfluß auf das Endresultat schwer zu erfassen wäre.

2. Tabelle: Gesamte Fälle

	s.gut	gut	befr.	ausr.	schl.	Mißer.	
Hohlhand	2 5%	7 18%	9 21%	9 21%	12 30%	2 5%	41
Karpalkanal	3 12,5%	9 37,5%	6 25%	6 25%	-	-	24
Unterarm	4 12%	3 9%	8 24%	6 19%	8 24%	4 12%	33
	9 9%	19 19%	23 24%	21 22%	20 20%	6 6%	98

Grundsätzlich läßt sich darüber sagen, daß die Beugesehnenrekonstruktion dort die besten Resultate aufweist, wo ein beschränktes Mitbewegen der mit der Sehne fibrös verwachsenen Umgebung aus anatomischen Gründen möglich ist.
Da am distalen Unterarm die Beugesehnen im lockeren Gleitgewebe gelagert sind, müßten hier die besten Ergebnisse nach einer Sehnennaht zu erwarten sein, was aber ganz im Gegensatz zu den Resultaten in der 2. Tabelle steht. Hier schneiden Verletzungen in Höhe des Karpalkanals weitaus am besten ab.
Wie erklären sich aber die vielen schlechten Ergebnisse (24%) und Mißerfolge (12%) am Unterarm?
Es liegen unterschiedliche Ausgangsbedingungen vor, die sich so nicht erkennen lassen. In der 2. Tabelle sind alle operierten Fälle aufgeführt, egal, ob sie nach einer außerhalb durchgeführten primären Sehnennaht in unsere Klinik überwiesen oder ob sie gleich in der Klinik behandelt wurden.
Das folgende Kapitel geht näher auf diesen Umstand ein.

β) Funktionelle Ergebnisse der "klinikeigenen" Patienten:

Darunter verstehen wir folgendes: In der 3. Tabelle werden alle primären und nur solche sekundären Sehnenrekonstruktionen von Patienten eingetragen, die mit einer sachgemäßen Wundbehandlung von außerhalb zugeleitet wurden.
Ausgeschlossen werden 26 Fälle mit einer primären Sehnennaht alio loco und 8 mit präoperativen Komplikationen, da über 90% von ihnen, das sind von 34 Fällen 31, im unzureichenden funktionellen Bereich liegen.
Auch keine sekundär in der Klinik ausgeführte Sehnennaht oder freie Plastik vermag bei so schweren Verwachsungen noch ein

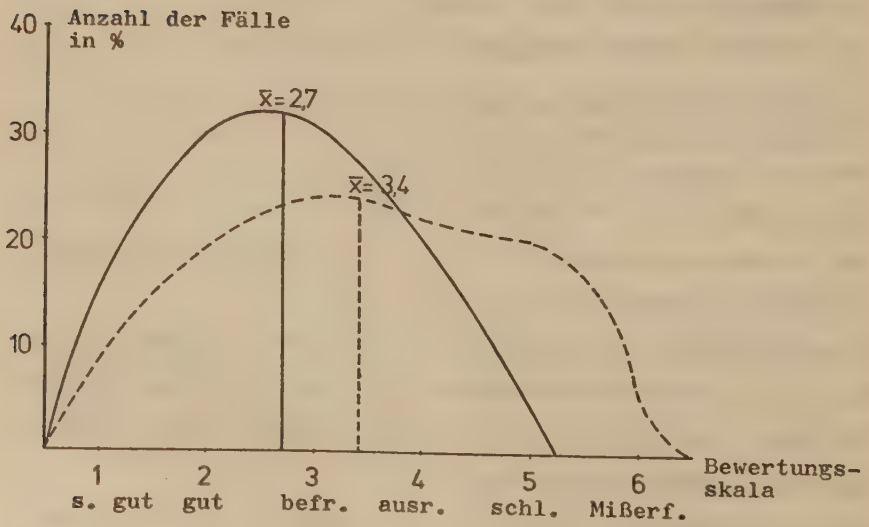
befriedigendes funktionelles Ergebnis zu erzielen.

3. Tabelle: Klinikeigene Fälle

	s.gut	gut	befr.	ausr.	schl.	Mißer.	
Hohlhand	2 8%	7 27%	8 31%	6 23%	3 11%	-	26
Karpalkanal	3 13%	9 39%	6 26%	5 22%	-	-	23
Unterarm	4 27%	3 20%	6 40%	2 13%	-	-	15
	9 14%	19 30%	20 31%	13 20%	3 5%	-	64

Stellen wir die Ergebnisse der klinikeigenen Fälle graphisch denen der gesamten Fälle gegenüber, so sind die Erfolgsaussichten jenes Patientenkollektivs, die von Anfang an fachgerecht behandelt wurden, viel günstiger zu beurteilen.

1. Graphik: Ergebnisse der gesamten Fälle ----n = 98
" " " klinikeig.Fälle ——n = 64



Wie die 3. Tabelle zeigt, sind die Resultate bedeutend besser geworden. Mißerfolge fehlen ganz, nur die Hohlhand weist noch drei schlechte Ergebnisse auf.
Entsprechend der anatomischen Struktur des Sehnengleitlagers haben die Beugesehnenrekonstruktionen am Unterarm in dem leicht verschieblichen Bindegewebe die besten Ergebnisse, dann folgt der Karpalkanal. In der Hohlhand ist wegen der engen Beziehung zu Nerven- und Gefäßbogen die Prognose vorsichtig zu stellen.
Wenn alle Rubriken mit ausreichender Funktionstüchtigkeit zusammengefaßt werden, das sind die Klassen sehr gut, gut und befriedigend, so erhält man nach der 3. Tabelle in 75% ein zufriedenstellendes und in 25% ein unzureichendes Ergebnis.
Interessant ist nun die Frage, inwieweit sich das Verhältnis ändert, wenn ein Bewertungsschema anderer Autoren zu Grunde gelegt wird, und ob sich unsere Ergebnisse mit den ihrigen vergleichen lassen.

b) Gegenüberstellung mit anderen Handchirurgen

Die Schwierigkeit des objektiven Vergleiches liegt zum einen darin, Autoren zu finden, deren Bewertungsschema repräsentativ auch für andere Handchirurgen ist. Zum anderen muß die Anzahl der von ihnen aufgeführten Fälle groß genug sein, um einen Vergleich mit unseren Ergebnissen zu ermöglichen.
Gerade die letzte Bedingung ist schwierig zu erfüllen, da in der ganzen Weltliteratur Resultate von Beugesehnennähten und Plastiken nur vom "Niemandsland" ausführlich behandelt und diskutiert werden.
Behandlungsergebnisse von den Regionen der Hohlhand und des Karpalkanals werden dagegen kaum erwähnt, vom Unterarm werden

sie wegen der guten Ergebnisse überhaupt ganz verschwiegen, obwohl Sehnenverletzungen in diesen Gebieten keine so gute Prognose haben, wie allgemein angenommen wird.
Es wurden 3 bekannte Handchirurgen ausgewählt: D. Kogge, A. Titze, A. P. Kelly jr.

α) Vergleich der Wertungsskalen:

Obwohl D. Kogge auch den Fingerkuppen-Hohlhandabstand als Meßverfahren zu Grunde legt, werden viele unserer Fälle nach seiner Klassifizierung eine Rubrik höher eingeordnet, da er das Streckdefizit nicht berücksichtigt hat.

Klassifizierung nach D. Kogge:

sehr gut:	restitutio ad integrum	
gut:	geringe Bewegungseinschränkung,	FKHA bis 1,5 cm
befr.:	mittlere " ",	FKHA bis 2,5 cm
mäßig:	starke " ",	FKHA bis 4,0 cm
schlecht:	funktionsuntüchtig ,	FKHA über 4,0 cm

Bewertet man unsere 41 Fälle in der Hohlhand nach diesem Schema, so erhält man, da bis zur mittleren Bewegungseinschränkung noch mit einer ausreichenden Funktionstüchtigkeit gerechnet werden kann, in 60% ein zufriedenstellendes und in 40% ein schlechtes Ergebnis. Dies bedeutet eine Steigerung der guten Resultate um 16%, wie das 2. Übersichtsbild zeigt.
Richten wir uns nach der Klassifizierung von A. Titze, so ist die prozentuale Verbesserung nicht so groß, da durch die "zusammengesetzte Beugung" in einem gewissen Maße auch die Streckhemmung mit berücksichtigt wird.

Klassifizierung nach Titze: in Anlehnung an Boyes und Lindsay

ausgezeichnet:	zusammengesetzte Beugung,
	Flexion bis 200 Grad,
	FKHA unter $1\frac{1}{2}$ cm
gut:	Flexion 180-200 Grad
	FKHA von $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ cm
ausreichend:	Flexion von 150 bis 180 Grad
	FKHA von $2\frac{1}{2}$ bis 4 cm
schlecht:	Flexion unter 150 Grad
	FKHA über 4 cm

Fassen wir die Rubriken ausgezeichnet und gut wieder zu einem zufriedenstellenden funktionellen Ergebnis zusammen, so ergibt sich nach Titzes Bewertung bei unseren 41 Fällen in 56% ein zufriedenstellendes und in 44% ein unzureichendes Resultat.

Auch nach dem strengen Bewertungsschema von A. P. Kelly, der den Streckausfall in den Interphalanggelenken berücksichtigt, erhalten wir, unter Zusammenfassung der Klassen sehr gut und gut, dieselbe prozentuale Verteilung (der funktionellen Ergebnisse) wie A. Titze.

Klassifizierung nach A. P. Kelly:

sehr gut:	FKHA bis 12 mm
	Streckverlust bis 10 Grad in den IPG
gut:	FKHA bis 12 mm, Streckverl. über 10 Grad i.d. IPG
	FKHA bis 30 mm, " " bis 10 Grad " " IPG
schlecht:	FKHA größer als 30 mm
	Streckverlust x Grad in den IPG

2. Übersichtsbild: schwankende Prozente n=41 in der Hohlhand bei verschiedenen Bewertungssystemen:

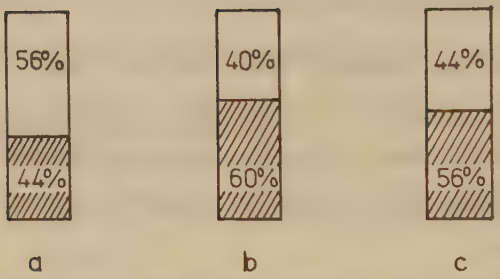
a) nach unserer Bewertung

b) nach Kogge's "

c) nach Titze's und Kelly's Bewertung

unzureichendes Ergebnis

zufriedenstellendes "



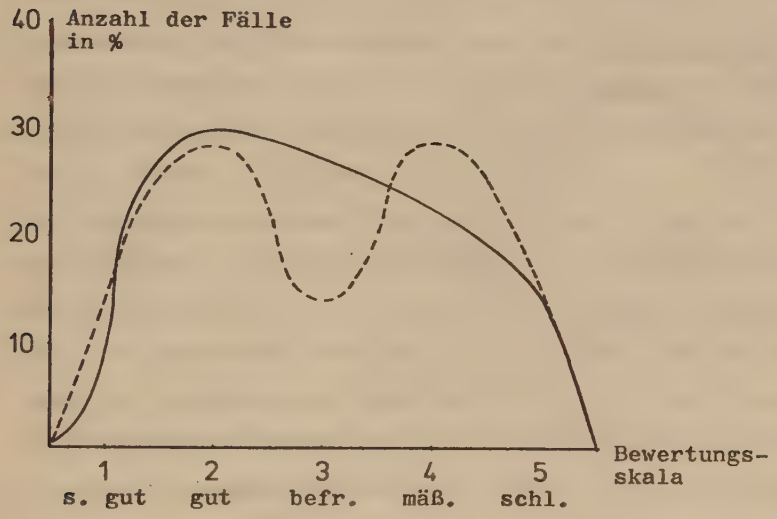
β) Vergleich der Ergebnisse untereinander:

Im folgenden werden unsere Fälle, nachdem sie entsprechend der Klassifizierung von Kogge, Titze und Kelly anders eingeordnet sind, mit deren erreichten Ergebnissen graphisch verglichen.

2. Graphik:

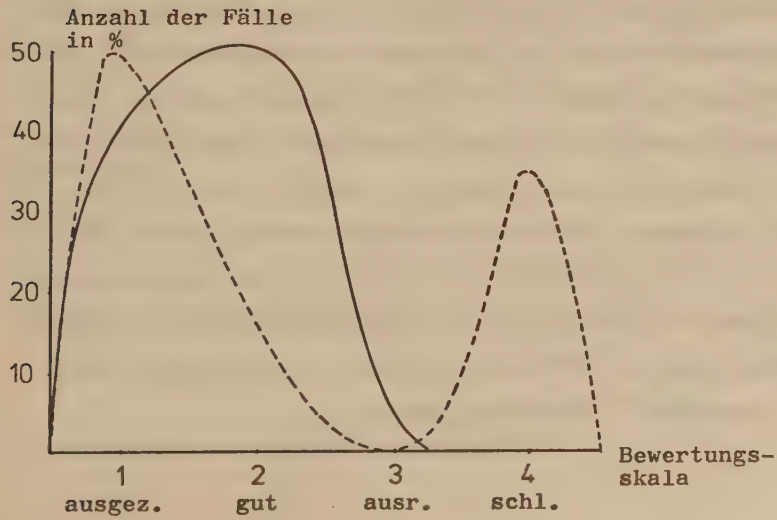
a) Kogge: Region d. Hohlhand ___uns. Ergebn.,n=41 ges. Fälle

----Kogge's " ,n= 7



b) Titze: Region d. Karpalk. ___ uns. Ergebn.,n=24 ges. Fälle

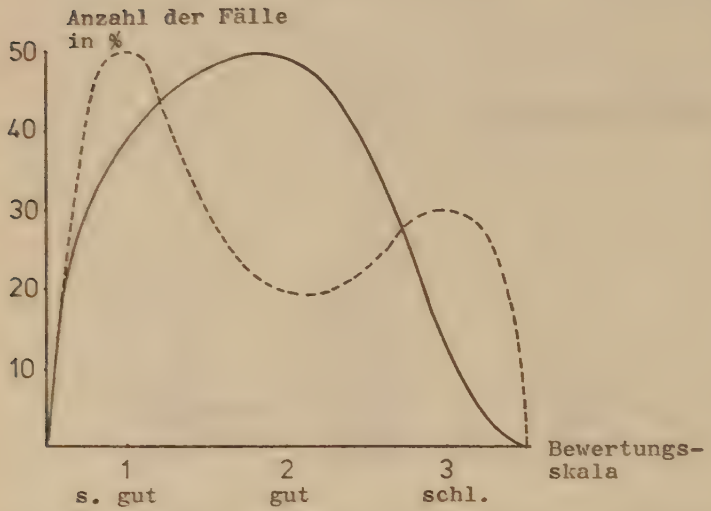
----Titze's " ,n=26



c) Kelly: Region der Hohlhand

unsere Ergebnisse —— n=26 klinikeigene Fälle

Kelly's " ---- n=20



Während die Resultate der Handchirurgischen Abteilung der Universitätsklinik München in der Beugesehnenrekonstruktion durchaus mit denen von Kogge und Titze zu vergleichen sind, (siehe 2. Graphik), erreicht Kelly doch einen sehr hohen Prozentsatz (50%) an sehr guten Ergebnissen, die auch von den "klinikeigenen" Patienten (40%) nicht erreicht werden. Dieses gute Resultat von Kelly begründet sich wohl auch darin, daß er als Arzt bei den Ford-Werken nach Verletzungen gleich eine geeignete Versorgung und bei entsprechenden Voraussetzungen eine primäre Sehnennaht durchführen konnte.

c) Ergebnisse der primären -, sekundären Sehnennähte und freien Plastiken

Interessant ist letztlich auch eine Gegenüberstellung der verschiedenen Sehnenrekonstruktionen mit dem Ziel, die"erfolgversprechendste Rekonstruktion" herauszufinden, denn nicht immer weist die Methode die besten Resultate auf, die auch am meisten angewandt wird. (4. Tabelle)
Die Ergebnisse sind aber vorsichtig zu beurteilen, da z. T. verschiedene Ausgangsbefunde bei den jeweiligen Wiederherstellungsarten zu Grunde liegen. Eine sekundäre freie Plastik wird nach einer schweren und ausgedehnten Handverletzung immer ein schlechteres funktionelles Resultat aufweisen, als eine primäre Sehnennaht nach einer einfachen Schnittwunde ohne große Nebenverletzungen.

4. Tabelle

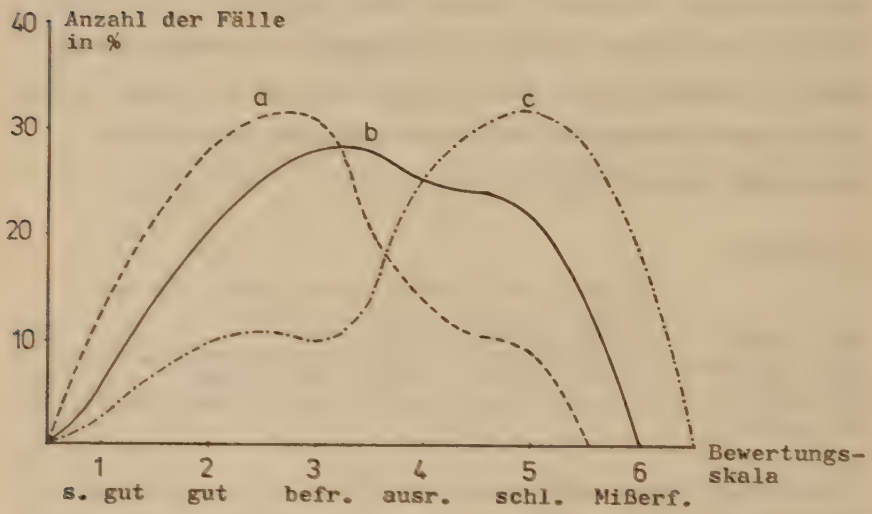
	s.gut	gut	befr.	ausr.	schl.	Mißer.	
prim. Naht	7 25%	9 32%	7 25%	5 18%	-	-	28
sek. Naht	2 5%	6 16%	9 23%	11 28%	11 28%	-	39
sek.einz.Pl.	-	1	4	1	1	4	11
* sek.zweiz.Pl.	-	2	1	2	2	2	9
Interpos.Pl.	-	1	-	2	6	-	9
Transposition	-	-	2	-	-	-	2
* $\sum$	-	4 14%	5 17%	5 17%	9 31%	6 21%	29

Bei den 29 freien Plastiken wurden 8 palmaris long. Sehnen =27%
17Superficialis Sehnen =59%
4 Zehenstrecker =14%
als Transplantationsstück verwendet.

Um die Ergebnisse der jeweiligen Wiederherstellungsart besser graphisch gegenüberstellen zu können, werden die sek. einzeitige-, die sek. zweizeitige Transplantation und die Interpositionsplastik unter einer Rubrik zusammengefaßt.

3. Graphik:

die funkt. Ergebnisse: a) der primären Sehnennaht n=28 ----
b) der sekundären " n=39 ——
c) der freien Plastik n=29 -·-·-



Es ist klar, daß so wenig vorliegende Fälle bei den jeweiligen Wiederherstellungsarten nicht unbedingt repräsentativ für ihr Kollektiv sind. Einige hinzukommende oder fehlende Fälle können die Prozentzahlen sehr verändern. Aber unverkennbar ist der hohe Anteil an guten Ergebnissen bei der primären Naht. Auffällig ist bei der Kurve c) der 2. Gipfelpunkt, der einen

Prozentsatz von 30% schlechten Ergebnissen und 20% Mißerfolgen darstellt.

Die Anhäufung schlechter Ergebnisse bei der sek. freien Plastik beruht bis auf einen Fall auf jenen Patienten, die mit einer primären Sehnennaht alio loco versehen wurden und ausgedehnte postoperative Verwachsungen zeigten. Ohne diese 14 Fälle würde die Kurve nach dem 1. Gipfelpunkt stetig abfallen.

Berücksichtigt man diese Tatsache, so scheint die Schaffung einer künstlichen Sehnenscheide durch zeitweiliges Einpflanzen eines Silikonschlauches gerade bei ausgedehnten narbigen Veränderungen mehr Erfolg aufzuweisen. (siehe 4. Tabelle)

Der Meinung anderer Autoren können wir uns auf Grund unserer Ergebnisse nicht anschließen, daß die Palmaris longus Sehne bei einer freien Plastik die besten Resultate aufweist. (Seiffert, Moberg). Diese Behauptung muß kritisch betrachtet werden, da die Superficialissehne nur dann verwendet wird, wenn das Transplantationsmaterial der Palmaris longus Sehne bei einer Mehrfachsehnendurchtrennung nicht ausreicht. Bei dem unterschiedlichen Schweregrad der Verletzungen ist daher ein Vergleich, welches Transplantationsstück sich besser eignet, kaum möglich.

d) Präoperative Befunde

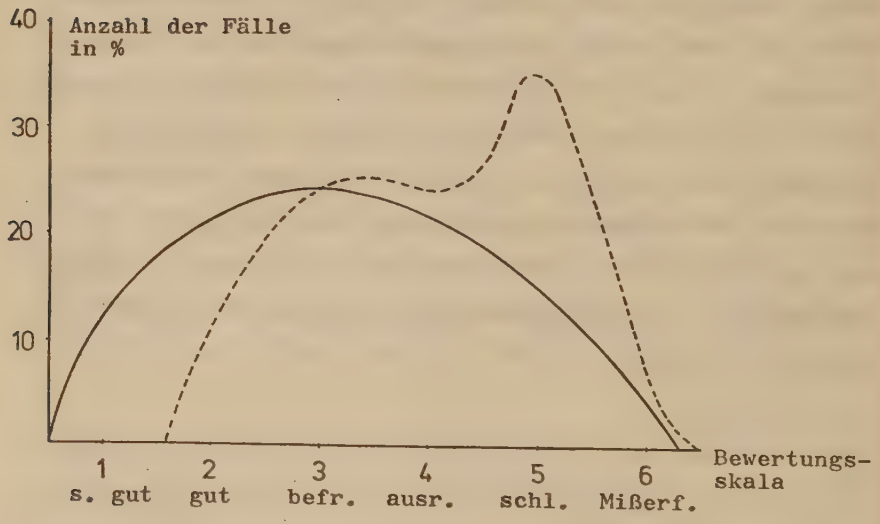
α) Unfallmechanismus:

Je nach Verletzungsart, ob Schnitt-, Säge- oder Quetschwunde, wird das umliegende Gewebe derart in Mitleidenschaft gezogen, daß es bei einer Sehnenläsion zu einem gestörten Heilungsvorgang kommt. Die entstehenden narbigen Veränderungen hemmen die Sehne damit in ihrer Gleitfunktion und bestimmen dadurch das Ausmaß des Erfolges bei einer Sehnenrekonstruktion.

4. Graphik: Abhängigkeit zwischen Unfallmechanismus und postoperativem funktionellem Ergebnis.

Bohr-, Säge- und Quetschverletzung ---- n=29

Schnittverletzung —— n=69



Die Bohr-, Säge- und Quetschverletzungen wurden unter einer Rubrik zusammengefaßt, wobei letztere die schlechteste Prognose aufweisen.

β) Nebenverletzungen:

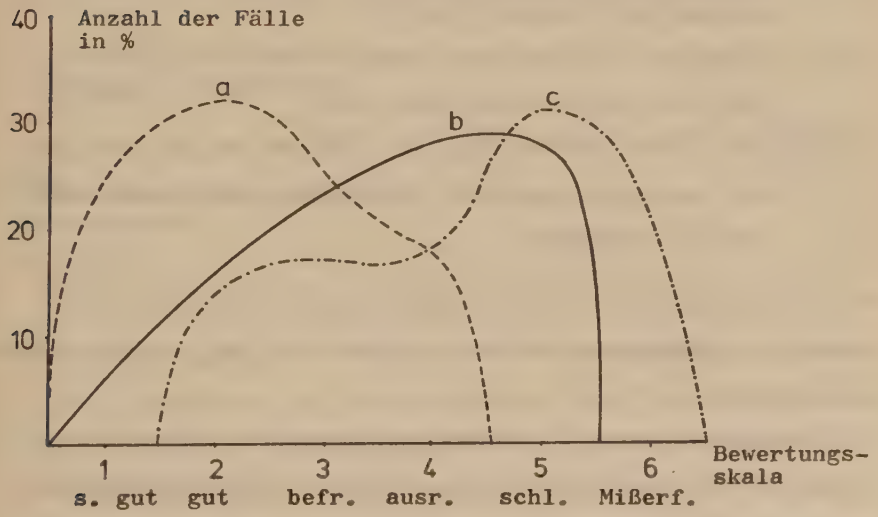
Nicht nur Nervenläsionen verringern die Erfolgsaussichten bei einer Sehnenrekonstruktion, sondern erst in der Kombination mit Weichteildefekten, Knochenfrakturen oder Gefäßläsionen verschlechtert sich die Prognose noch mehr. Deutlich wird der Unterschied in der prozentualen Verteilung der Ergebnisse zu den Fällen, die von keiner Nebenverletzung betroffen sind, wie folgende Graphik zeigt.

5. Graphik: funktionelle Ergebnisse bei Sehnenrekonstruktionen

a) ohne Nebenverletzungen ---- n=35

b) bei Nervenverletzung: —— n=32
n. med. oder n. ulnaris

c) bei kombinierten Verletzungen: -·-·- n=31
Nerven und Arterien
Nerven u. Knochen u. Weichteildefekte



Im folgenden wird dieses Phänomen, "warum bei Nervenläsionen so schlechte funktionelle Ergebnisse zu erwarten sind," ausführlicher behandelt.

γ) Sensible Ausfallserscheinungen:

In Anlehnung an Erik Moberg, der als erster den Begriff der "taktilen Gnosis" prägte und damit das "Fingerspitzengefühl", die "visuelle" Qualität der Finger ohne Kontrolle der Augen meint, führten wir im Rahmen der Nachuntersuchungen die Weber-sche Zweipunkt-Unterscheidungsprobe, die Aufleseprobe und in einzelnen Fällen die Ninhydrin-Probe durch. Diese Untersuchungs-methoden geben einen hinreichenden Aufschluß über die taktile Gnosis, während Berührungs-, Schmerz- und Temperaturempfindung-en kein Maßstab für Sensibilitätsstörungen sind.
Nach Neef, Moberg und Buck-Gramcko erhalten wir folgende Ein-teilung der Zweipunkte-Unterscheidungsprobe an den Fingerkup-pen:

2-4 mm: normale Werte, entspricht einer völligen Wiederher-stellung der taktilen Gnosis

6-10mm: funktionell ausreichende taktile Gnosis, die noch ei-nen Präzisionsgriff gewährleistet

11-15mm: sog. Schutzsensibilität, hier ist der Patient noch in der Lage, den Finger vor thermischen und traumatischen Reizen zu schützen

Bei der Aufleseprobe werden Geschwindigkeit und Geschick be-wertet, die Einordnung erfolgt in 3 Rubriken: gut, eingeschränkt und schlecht.
Zur Auswertung liegen 21 primäre oder sekundäre atraumatische Nervennähte bei 21 Patienten vor. Bei Mehrfachsehnendurchtren-nungen eines Probanden wird der Mittelwert der Resultate ge-nommen, wenn unterschiedliche Wiederherstellungsergebnisse vor-liegen.

Folgende Tabelle soll Auskunft darüber geben, in welchem Zusammenhang die erreichte taktile Gnosis nach einer Nervennaht mit dem funktionellen Ergebnis bei einer Sehnenrekonstruktion steht.

5. Tabelle: Webersche Zweipunkt-Unterscheidungsmethode

	s.gut	gut	befr.	ausr.	schl.	Mißer.	
norm.takt.Gnosis	-	-	-	-	-	-	
ausr.funk.Gnosis	1	2	2	4	1	-	10
Schutzsensibilit.	-	-	1	2	5	3	11

Bemerkenswert ist, daß in keinem Fall bei einer Nervennaht eine normale Sensibilität wiederhergestellt werden konnte. Eine ausreichende taktile Gnosis erlaubt wenigstens noch einige gute Ergebnisse, während eine erreichte Schutzsensibilität nur im Bereich der schlechten Resultate liegt.

6. Tabelle: Aufleseprobe

	s.gut	gut	befr.	ausr.	schl.	Mißer.	
gut	1	1	1	2	-	-	5
eingeschränkt	-	1	2	4	5	-	12
schlecht	-	-	-	-	1	3	4

Die Auswertung bei der Aufleseprobe ist vorsichtiger zu beurteilen. Zum einen liegt eine subjektive Bewertung vor, inwieweit Geschick und Geschwindigkeit beim Aufsammeln von Gegenständen eingeschränkt sind. Zum anderen täuscht der Patient den Prüfer dadurch, daß benachbarte Finger unauffällig die Greiffunktion des betroffenen Fingers unterstützen. Letztlich entscheidet aber gerade der verminderte Gebrauch der sensi-

bilitätsgestörten Finger oder Hand (siehe Tabelle 5) die Ausmaße einer Bewegungseinschränkung, und inwieweit es zu einer Versteifung der Gelenke und Atrophie der Muskulatur kommt.

δ) Zeitspanne zwischen Verletzung und sekundärer Wiederherstellung:

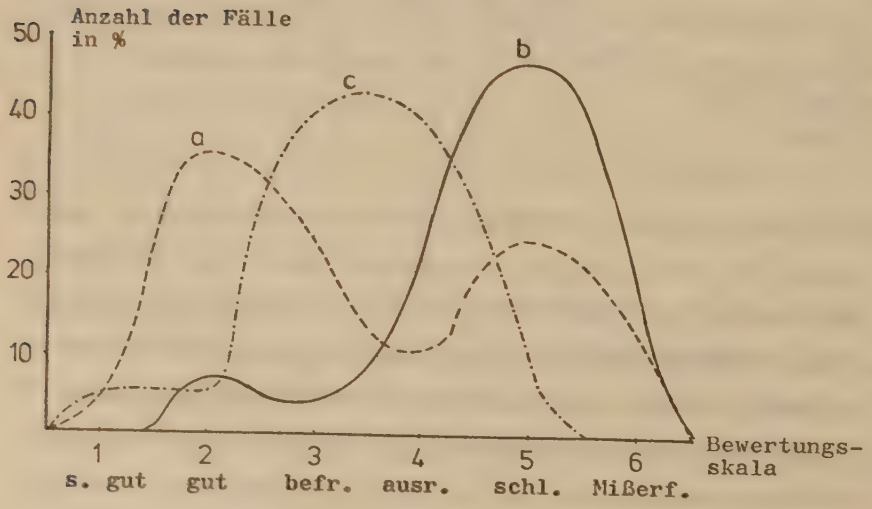
Alle sek. ausgeführten Sehnennähte und alle Beugesehnentransplantationen werden in 2 Rubriken eingeordnet. In der ersten fand die Sehnenrekonstruktion innerhalb von 6 Monaten nach der Durchtrennung statt, in der zweiten nach 6 Monaten. Soweit es nicht möglich war, den Zeitintervall aus der Krankengeschichte herauszulesen, wurden die Fälle extra vermerkt.

6. Graphik: Ergebnisse bei einer sek. Wiederherstellung

a) innerhalb von 6 Monaten ---- n=20

b) nach 6 Monaten —— n=28

c) nicht vermerkt -.-.- n=20



Aus dem Vergleich der Kurven a) und b) geht eindeutig hervor, daß eine frühzeitige sek. Sehnenrekonstruktion eine viel bessere Prognose aufweist.

Durch den Wegfall der physiologischen Spannung kommt es nach einer Sehnendurchtrennung zu einer allmählichen Muskelkontraktur. Auf die Dauer droht eine Inaktivitätsatrophie, die den Muskel als Motor völlig ungeeignet macht.

Diese Eignung wird nach Moberg's Meinung dadurch geprüft, daß der Muskel gegen einen elastischen Widerstand von mindestens 2 cm ausdehnungsfähig sein muß.

Streli berichtet aber noch von erfolgreichen freien Sehnentransplantationen, bei denen die Verletzung schon 12 Jahre zurückliegt.

Der tiefe Fingerbeugemuskel kann auch über einen längeren Zeitraum weitgehend funktionstüchtig bleiben, da die tiefe Beugesehne nur in einem beschränkten Maße zurückleitet, sie wird durch den M. lumbricales oder auch durch narbige Verwachsungen daran gehindert.

e) Postoperative Therapie

α) Krankengymnastische Nachbehandlung

Die aktiven Bewegungsübungen unter Leitung einer Fachkraft sind für die guten Funktionsaussichten einer operierten Sehne unerläßlich.

Am Anfang der Mobilisierung, die sich unmittelbar nach der 3wöchigen Ruhigstellung im Gipsverband anschließt, ist es empfehlenswert, das Grundgelenk zu fixieren, welches bekanntlich von den lumbricales gebeugt wird, damit sich die tatsächlich vorhandene Funktion der reparierten Sehne allein auf das

Mittel- und Endgelenk auswirken kann. Aufgabe der Beschäftigungstherapie ist neben der Kräftigung des Greifvermögens die notwendige Koordinierung des Fingerspiels.
Die Behandlung sollte unter krankengymnastischer Aufsicht mit aller Sorgfalt über einen genügend langen Zeitraum von 8-12 Wochen durchgeführt werden.
Die Ängstlichen und Vorsichtigen müssen zu Bewegungsversuchen angeregt werden, während die Aktiveren und Jüngeren nur mit langsam steigender Kraftaufwendung vorgehen sollen. Aber alle Bemühungen von Seiten des Arztes helfen nichts, wenn die Patienten nicht selber die nötige Ausdauer und Willenskraft zur Übungsbehandlung aufbringen. Milieugeschädigte Personen, denen oft jede Einsicht und Intelligenz zur Mitarbeit fehlen, weisen daher auch die schlechtesten Ergebnisse auf. So wurde in acht Fällen eigens vermerkt, daß jede aktive Selbstbeteiligung fehlte; bei jenen Patienten liegen nur schlechte Ergebnisse bzw. Mißerfolge vor.

β) Tenolysen

Frühestens 3 Monate nach einer Sehnennaht und 6 Monate nach einer Beugesehnentransplantation ist eine Tenolyse vertretbar. Eine sofortige aktive Bewegungsübung schließt sich an.
Inwieweit dieses Vorgehen Erfolg verspricht, hängt vom Ausmaß der Verwachsungen ab. Sind diese nur auf eine kurze Strecke im Bereich der Nahtstelle lokalisiert, so verspricht die Tenolyse eine wesentliche Verbesserung des Resultates; bestehen aber Verwachsungen womöglich in der ganzen Länge des Transplantates, dann kann nur ein entsprechend geringer Beugezuwachs erwartet werden.

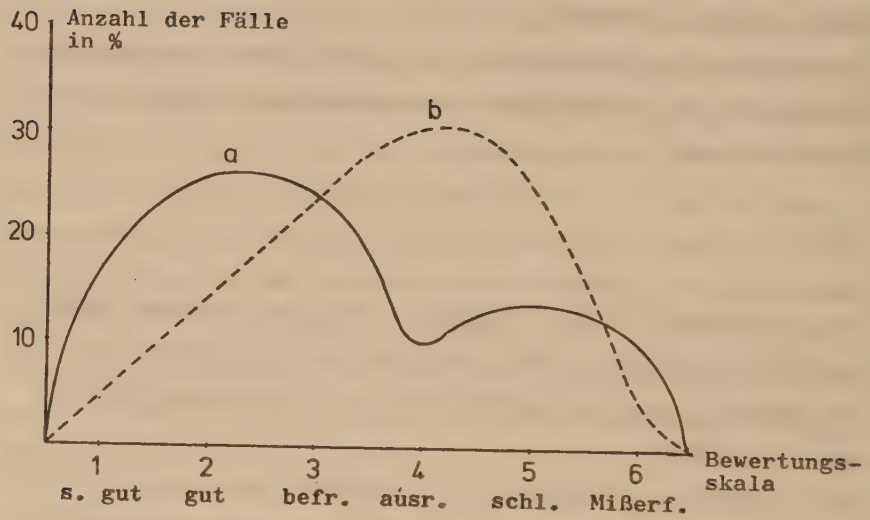
Eine kritische Bewertung dieses Verfahrens ist nur durch eine Nachuntersuchung nach erfolgter Tenolyse möglich.
Bei insgesamt 98 Sehnenrekonstruktionen wurden 42 postoperative Tenolysen durchgeführt. Die Ergebnisse dieses Kollektivs schneiden prozentual gesehen besser ab als die 56 Fälle, bei denen keine chirurgische Lösung der Verwachsungen vorgenommen wurde. (siehe 7. Graphik)
Soverbessert die Tenolyse selbst bei fast aussichtslosen Gegebenheiten die Beugefähigkeit der betroffenen Finger in erheblichem Maße.

Bei 2 Patienten wurden 8 Tenolysen ohne eine vorangegangene Operation vorgenommen. Hier lagen Quetschverletzungen vor.
Die Sehnen blieben als solche zwar heil, waren aber miteinander verbacken.
Mit 4 sehr guten funktionellen Ergebnissen der einen und 4 befriedigenden der anderen Person ist eine individuelle Tendenz zur Narbenbildung sichtbar, die vor der Operation nicht abzuschätzen ist.

7. Graphik: Ergebnisse von Sehnenrekonstruktionen

a) nach postoperativen Tenolysen —— n=42

b) ohne postoperative Tenolysen ---- n=56



II. Diskussion

Bei der Nachuntersuchung treten neben den objektiven Schwierigkeiten bei der Bewertung von Funktionsbehinderungen nach Beugesehnenwiederherstellungen auch subjektive auf, die kaum berücksichtigt werden können.

Die Einstellung der Patienten zu einer funktionsgestörten Hand ist sehr unterschiedlich. Dem Bemühen, durch aktive Mitarbeit eine Verbesserung zu erlangen und gegebenenfalls Ersatzgriffe zu erlernen, stehen eine Lethargie und Nichtgebrauch der betroffenen Hand gegenüber.

Die Handchirurgie ist heute ein derart spezialisiertes Gebiet geworden, daß die Rekonstruktion von verletzten Beugesehnen, auch außerhalb des "Niemandslandes", nur von jenen ausgeführt werden sollte, die genügend Erfahrung besitzen und eine "atraumatische" Operationstechnik beherrschen.

Eine primär ausgeführte Sehnennaht außerhalb einer dazu geeigneten Fachklinik hat allgemein eine so schlechte Prognose, daß man empfehlen kann, von einer Sehnenrekonstruktion Abstand zu nehmen und nur eine Wundversorgung durchzuführen. Diese Problematik wird durch das 1. Diagramm augenfällig, in dem die "vorbehandelten" Fälle vom Mittelwert ($\bar{x}$) der Bewertungsskala von 2,7 auf 3,4 fast um eine ganze Stufe herabgedrückt werden.

Jeder nachträgliche Versuch, das Ergebnis durch eine sekundäre freie Sehnenplastik zu verbessern, ist bei den vorliegenden schlechten Haut- und Narbenverhältnissen ungünstig.

Ein Fortschritt in der Chirurgie kann auch dadurch erreicht werden, daß gewisse Prinzipien eingehalten werden. So ist es bei einer Durchtrennung der Superficialis Sehne angebracht,

diese zu resezieren, da sonst die Gefahr der Verbackung mit der Profundus Sehne besteht. Die Folge der Gleitbehinderung wäre eine Funktionseinbuße des betroffenen Fingers.

Wie die Auswertung unserer Nachuntersuchungen zeigte, spielt der Ort der Verletzung für die Prognose einer Sehnenwiederherstellung eine entscheidende Rolle. Geht man von gleichen Voraussetzungen aus, (siehe 3. Tabelle), so weist der Unterarm mit seinem leicht verschieblichen Bindegewebe die besten Ergebnisse auf. Dann folgen die Regionen des Karpalkanals und der Hohlhand. Kennt man die Verwachsungsneigung im Bereich des "Niemandslandes", so erwartet man eigentlich von Sehnenrekonstruktionen außerhalb dieses Gebietes, daß die ursprüngliche Beugefähigkeit des Fingers wiedererlangt wird. Aber wie ausführliche Vergleiche auch mit Ergebnissen von anderen Handchirurgen (Titze, Kelly, Kogge) beweisen, sind diese Wiederherstellungen nicht problemlos.
Trotz unserer strengen Bewertung bei der Einordnung der Ausgangsbefunde im Verhältnis zu anglo-amerikanischen Meßmethoden können sich die Resultate vor allem unserer "klinikeigenen" Fälle (3. Tabelle),mit 75% guten oder befriedigenden und mit 25% unzureichenden Ergebnissen durchaus mit denen in der Weltliteratur vergleichen lassen.
Auch wenn, wie wir festgestellt haben, die geringere Anzahl der verschiedenen Wiederherstellungsarten nicht unbedingt repräsentativ für ihr Kollektiv ist, so schließen wir uns auf Grund unserer Nachuntersuchungsbefunde der biologischen Auffassung von M. Iselin an. Nach seiner Meinung, sie ist dem mechanischen Denken von Bunnell entgegengesetzt, weist die

Primärnaht unter bestimmten Voraussetzungen einen höheren Prozentsatz an guten Ergebnissen auf (siehe 3. Graphik) als die sekundäre Sehnennaht oder die freie Plastik.
Es erhebt sich die Frage, warum primäre Sehnenrekonstruktionen, sie sind mit nur knapp 30% an den Wiederherstellungen beteiligt, den sekundären nicht öfter vorgezogen werden.
Zum einen schränkt die Art der Verletzung die Zahl derer ein, bei denen eine primäre Naht noch möglich wäre. Zum anderen grenzt die kurze Zeitfrist von 2-4 Stunden nach der Verletzung die Möglichkeiten einer primären Wiederherstellung ein, da selten eine handchirurgische Abteilung schon aus Gründen der räumlichen Entfernung die Behandlung sofort übernehmen kann. So ist die primäre Sehnennaht oft durch technische Schwierigkeiten nicht möglich.
Die Schwere der Verletzung, sowie der Unfallmechanismus haben einen großen Einfluß auf das Wiederherstellungsergebnis (siehe 4. und 5. Graphik). Wichtig für einen guten Verlauf ist auch die Wahl des Zeitpunktes der Operation. Etwa 2-3 Monate nach einer Sehnendurchtrennung ist der günstigste Moment, damit die sekundäre Wiederherstellung unter optimalen Bedingungen stattfinden kann.
Weitere Voraussetzungen für eine gute Funktionserlangung sind ausreichende Durchblutungs- und einwandfreie Hautverhältnisse. Bei ausgedehnten Narbenbildungen und arthrogenen Kontrakturen ist der Erfolg vorsichtig zu beurteilen.
Die Sensibilität der betroffenen Gliedmaßen muß intakt sein, schwere sensible Ausfallserscheinungen stellen, auch wenn eine genügende Gleitfähigkeit der reparierten Sehne vorliegt, allein durch den Nichtgebrauch der betroffenen Finger leicht jede

Wiederherstellung in Frage. Hier ist erst durch Nervennähte und -transplantationen für eine ausreichende "taktile Gnosis" zu sorgen. Derartige Voroperationen sind ebenfalls nicht immer erfolgreich. (siehe 5. Tabelle)
Eine sekundäre Reparation sollte innerhalb von 6 Monaten nach dem Unfall durchgeführt werden, (6. Graphik), da sonst durch Muskelschrumpfung der Kraftspender degeneriert und eine Sehnenfunktion nicht mehr zu erwarten ist.
Liegt die Verletzung schon mehrere Jahre zurück, so kann man sich mit Hilfe von Reizstromdiagnostik und der Elektromyographie davon überzeugen, ob der Muskel noch als Motor bei einer freien Plastik verwendet werden kann.

Die Operation ist lediglich ein Teil im Plan der Gesamtbehandlung, denn mindestens ebenso wichtig ist, wie sich herausgestellt hat, eine exakte und konsequent durchgeführte Nachbehandlung.
Aus diesen Gründen werden Patienten, bei denen keine ausreichende Mitarbeit zu erwarten ist, das sind Kinder unter 2 Jhr., ältere Leute über 65 Jahre und uninteressierte Patienten, von einer Sehnenwiederherstellung ausgenommen.

Eine zweite Operation in Form einer Tenolyse setzt eine Bereitwilligkeit der Probanden voraus, diesen Eingriff zu ertragen und verspricht nur dann Erfolg, wenn sie eine Besserung der Beugefähigkeit ihrer Finger wünschen und selbst aktive Bewegungsübungen betreiben.

C Zusammenfassung

Von 1963 bis 1970 wurden in der Chirurgischen Klinik der Universität München 83 Patienten mit Beugesehnenverletzungen im Bereich der Hohlhand, des Karpalkanals und des Unterarms operativ versorgt. Davon konnten 68 Patienten mit 109 Sehnenrekonstruktionen nachuntersucht werden.

Auf Grund eines ausführlichen Literaturstudiums werden alle Versuche zur Verhütung der postoperativen Sehnenverwachsungen angegeben. Neben allgemein chirurgischen Maßnahmen werden insbesondere die Vorteile eines homologen konservierten Sehnentransplantates beschrieben.

Nach der Besprechung der am meisten angewandten Operationsmethoden und ausführlicher Erörterung der Indikationsstellung der einzelnen Wiederherstellungsarten folgt die Abgrenzung der topographischen Regionen. Die Schilderung der eigenen Operationstechnik gliedert sich an.

Anhand der Graphiken und Tabellen wird ersichtlich, welchen Einfluß der Ort der Sehnendurchtrennung (3. Tabelle), der Unfallmechanismus (4. Graphik), die Schwere der Verletzung (5. Graphik), insbesondere die Nervenläsion und die Nachbehandlung auf den Erfolg eines rekonstruktiven Eingriffes haben.

Die Auswertung der eigenen Ergebnisse zeigt, wie entscheidend das Schicksal eines Patienten davon abhängt (1. Graphik), in welche "Hände" er zuerst gerät und welche Maßnahmen getroffen werden.

Eine Primärnaht hat unter bestimmten Voraussetzungen die beste Prognose von allen Wiederherstellungsarten aufzuweisen (3. Graphik); eine sekundäre Rekonstruktion sollte spätestens

innerhalb von 6 Monaten nach der Verletzung ausgeführt werden. (6. Graphik)

Die graphischen Gegenüberstellungen machen deutlich, daß bei einem Prozentsatz von 75% guten und 25% unzureichenden Resultaten unsere Ergebnisse mit denen anderer Autoren vergleichbar sind.

D Literaturverzeichnis

Adamson, I.E.: The History of Flexor-Tendon Grafting
J. Bone Jt. Surg. 43 Nr.5, S. 709-715 (1961)

Böhler, J.: Die Versorgung frischer Handverletzungen mit bes. Berücksichtigung der Sehnenverletzungen
Brun's Beitr. Klin. Chir. 192, S.257-282 (1956)

Die operative Versorgung der Sehnenverletzungen der Hand. Klin. Medizin Bd. 18,S.71-77 (1963)

Buck-Gramcko,D.: Untersuchung einer erkrankten o. verletzten Hand. Chir. Praxis Bd. 11, S.261-269 (1967)

Probleme bei der Behandlung der Beugesehnenverletzungen. Chir. Praxis Bd. 11, S.577-585 (1967)

Die primäre Versorgung von Handverletzungen
Der Chirurg Heft 9, S. 389-392 (1968)

Burkle De La Camp, H.: Neuzeitliche Fragen der operativen Handchirurgie, Langenbeck's Arch. Klin. Chir. 287, S. 489-498 (1957)

Friedebold, G.: Der Wert der Elektrodiagnostik f. Sehnen-Muskeltransplantationen, Beiheft z. Zschr. d. Orthop. Heft 94, S. 122-128 (1961)

Geldmacher, J.: Die akuten offenen Handverletzungen
Dtsch. med. Journal Haft 22, (Nov. 1970)

Heinemann, G.: Biologische Probleme der Sehnentransplantation
Teil I Med. Welt 15 S. 811-816 (1963)
Teil II Med. Welt 16 S. 904-909 (1963)

Hentschel, M.: Gesichtspunkte der modernen Handchirurgie
Med. Welt 1967, Heft 12, S. 669-678

Herzog, K.H.: Die homologe Sehnentransplantation im Experiment
Zbl. f. Chir. 90, S. 1148-1153 (1965)

Die Konservierung von Sehnengewebe
Langenbeck's Arch. Klin. Chir. 302, S. 513-523 (1963)

Hoffmann, H.: Operationstechnik bei frischen Handverletzg.
Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1968

Holm, C. L.: Anatomical Considerations in the Primary Treatment of Tendon Injuries of the Hand
J. Bone Jt. Surg. 41-AI, S. 599-608 (1959)

James, J.I.P.: Flexor Tendon Injuries of the Wrist and Hand. Reconstr. Surg. Traum. 2, S. 55-72 S. Karger, Basel-New York 1954

Iselin, M.: Chirurgie der Hand, Stuttgart 1965, Thieme V.

Die Durchtrennung d. Beugesehnen im Canalis digitalis, Beih. z. Zschr. d. Orthop., Heft 94, S. 57-63 (1960)

Kelly, A. P.: Primary Tendon Repairs, J. Bone Jt. Surg. 41-AI 1959, S. 581-598

Kogge, D.: Operativ versorgte Sehnenverletzg. d. Hand Arch.f.Orthop.u.Unfallchir. 56, S.708-738(1964)

Lange, M.: Kritische Stellungnahme z. Behandlung d. Beugesehnenverletzungen der Finger Wiederher. Chir. Traum. 2, S. 73-85 S. Karger, Basel-New York 1954

v. Lanz,T. und Wachsmuth,W.: Praktische Anatomie des Menschen I/3 Arm Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer 1959

Mason, M. L.: Primary Tendon Repair, J. Bone Jt. Surg. 41-AI 1959, S. 575-577

Millesi, H.: Die Technik der freien Sehnentransplantation Langenbeck's Arch.Klin.Chir. 309, S. 40-46(1965)

Mittelmeier, H.:Tierexperimentelle Untersuchungen am Schaf Mschr. f. Unfallheilk. Beiheft 73, S.1-81 (1963)

Pathologie d. Sehnengleitlagers, Ref. Verh. dtsch. orthop. Ges. 1960, Beih.z.Zschr.d.Orthop. 94, S. 28-37, (1961)

Moberg, E.: Dringliche Handchirurgie, Georg Thieme Verlag Stuttgart 1968

Behandlung frischer und veralteter Beugesehnenverl. i. d. Hand. Wiederher. Chir Traum. 2 S. 1-27, S. Karger, Basel-New York 1954

Neef, H.: Die Läsionen d. Fingernerven u.d. Ergebnisse ihrer Früh- u. Spätbehandlung, Zbl.f.Chir. 90 S. 1153-1157 (1965)

Nigst, H.: Ergebnisse der Sehnenplastiken der Hand Langenbeck's Ach.Klin.Chir. 299, S.122-124 (1961/62)

Zur Frage d. primären Versorgung d. Beugesehnenverletzungen im Niemandsland d. Hand Mschr. f. Unfallheilk. 65, S. 63-68 (1961)

Pieper, W.: Neue Operationstechniken i.d. Beugesehnenchir. Chirurgia Plastica et Reconstructiva Bd. 6, Springer Verlag Berlin 1969 S. 13-22

Pitzler, K.: Zeitliche Begrenzung d. Anwendbarkeit d. sek. freien Beugesehnenplastik. Der Chirurg Heft 9 S. 334-337 (1968)

Probleme und Erfahrungen bei typischen freien Beugesehnenplastiken. Brun!s Beitr.Klin.Chir. 209, S. 464-482 (1964)

Die Verletzung d. beiden Beugesehnen d. Fingers u. ihre Behandlung Zb. f. Chir. 90, S. 1160-1165 (1965)

Povacz, F.: Unsere Erfahrungen mit d. primären Beugesehnennaht nach Verdan Arch.f. Orthop. u. Unfallchir. 64, S.278-281 (1968)

Pulvertaft, P.G.: Tendon grafts for flexor tendon injuries in the finger and thumb J. Bone Jt. Surg. 38-B, S. 175-194 (1956)

Scharizer, E.: Die organisatorische Bedeutung d. aufgeschobenen Dringlichkeit i.d. Unfallchir. Mschr. f. Unfallheilk. Beih. 75, S. 146-149 (1963)

Schink, W.: Handchirurgischer Ratgeber. Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer Verlag 196o

Die Behandlung frischer Sehnenverletzungen Zbl. f. Chir. 1968 Heft 2, S. 62-67

Seiffert, K.E.: Über d. biologischen Umbau von frischen und in Cialit konservierten Sehnengewebe in funktionstüchtige Sehnen Brun's Beitr. Klin. Chir. 209, S. 444-464(1964)

Aufgeschobene Dringlichkeit und Tetanus Der Chirurg, Heft 9, S. 410-414 (1968)

Sobatta, J. und Becher, H.: Atlas der Anatomie des Menschen I. Teil, Urban Schwarzenberg. München-Berlin-Wien 1967

Titze, A. und Sinning, E.: Erfahrungen und Nachuntersuchungsergebnisse nach 178 Beugesehnennähten und -plastiken Mschr. f. Unfallheilk. 70, S. 480-493 (1967)

Titze, A.: Die Wahl des Transplantates i.d. Wiederherstellungschirurgie d. Beugesehnen d. Hand Mschr. f. Unfallheilk. 70, S. 475-479 (1967)

Titze, A.: Wiederherstellung verletzter Beugesehnen an der Hand
Chir. Praxis 7, S. 379-392 (1963)

Zrubecky, G.: Kritische Auswertung von 82 freien Beugesehnenplastiken an den Fingern
Beih. z. Z. d. Orthop. 94, S. 85-90 (1960)

Plastischer Beugesehnenersatz im Rahmen der chir. Ersatzversorgung
Mschr. f. Unfallheilk. 68, S. 34-41 (1965)

Verdan, C.: Der heutige Stand der modernen Handchirurgie
Mschr. f. Unfallheilk. 78, S. 80 (1964)

Weller, S.: Die Umscheidung von Sehnennähten zur Erhaltung der Gleitfähigkeit
Brun's Beitr. Klin. Chir. 213, S. 99 (1966)

White, W. L.: Secondary Restoration of Finger Flexion by Digital Tendon Grafts
Amer. J. of. Surg. 91, S. 662-668 (1956)

Wilhelm, A.: Rekonstruktive Eingriffe an der Hand nach Verletzungen
Der Chirurg Heft 9, S. 393-399 (1968)

Besonderen Dank schulde ich für die freundliche Überlassung des Themas dieser Arbeit Herrn Prof. Dr. Fritz Rueff und Herrn Dr. Klaus Wilhelm. Für das stets hilfsbereite Entgegenkommen und die geduldige Durchsicht der Manuskripte danke ich Herrn Dr. Klaus Wilhelm besonders.

E Lebenslauf

Am 16.4. 1944 wurde ich in Görlitz an der Neiße geboren.
Nach dem Besuch der Volksschule in Lauenstein/Kreis Hameln
und der Realschule in Bad Godesberg, ging ich nach einem
weiteren Wohnungswechsel in das staatliche Aufbaugymnasium
von Petershagen/Minden.
Dort bestand ich im Frühjahr 1966 das Abitur.
Nach einem Jahr Bundeswehr bei Sanitätseinheiten der Luft-
waffe begann ich im Sommer 1967 mit dem Medizin-Studium an
der Universität in München. Nach der naturwissenschaftlichen
und der ärztlichen Vorprüfung werde ich auch das Staatsex-
amen im Sommer 1972 hier in München ablegen.